

Diagnosis device for detection of abnormal state for high pressure fuel supply system of IC engine detects that system is working abnormally when state lasts for given time where delivery quantity adjusting value equals given value

Publication number: DE10136706

Publication date: 2002-02-07

Inventor: FUKASAWA OSAMU (JP)

Applicant: DENSO CORP KARIYA (JP)

Classification:

- international: F02D41/22; F02D41/38; F02D41/30; F02D41/22;
F02D41/38; F02D41/30; (IPC1-7): F02D41/22

- European: F02D41/38C6B; F02D41/22B; F02D41/22D

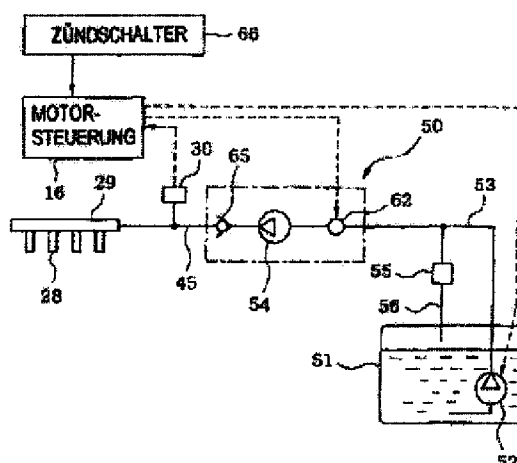
Application number: DE20011036706 20010727

Priority number(s): JP20000233159 20000728; JP20000233160 20000728

Report a data error here

Abstract of DE10136706

A diagnosis device for the detection of an abnormal state for a high pressure fuel supply system (50) of an IC engine has a high pressure pump (54) that serves to put fuel from a fuel tank (51) under pressure and to supply the fuel under pressure to an injection valve (28). A pressure sensor (30) detects the fuel pressure on the delivery side of the fuel pump. A fuel pressure control device (16) serves to control the delivery quantity of the high pressure pump so that the fuel pressure detected by the pressure sensor agrees with a set point pressure; and - an abnormal state diagnosis device which detects that the high pressure fuel supply system is working abnormally when a state lasts for a given time or longer where a delivery quantity adjusting value is equal to or greater than a given value.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 101 36 706 A 1

Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/22

(21) Aktenzeichen: 101 36 706.6
(22) Anmeldetag: 27. 7. 2001
(43) Offenlegungstag: 7. 2. 2002

DE 101 36 706 A 1

③⑩ Unionspriorität:
P 233159/00 28. 07. 2000 JP
P 233160/00 28. 07. 2000 JP

⑦① Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya, Aichi, JP

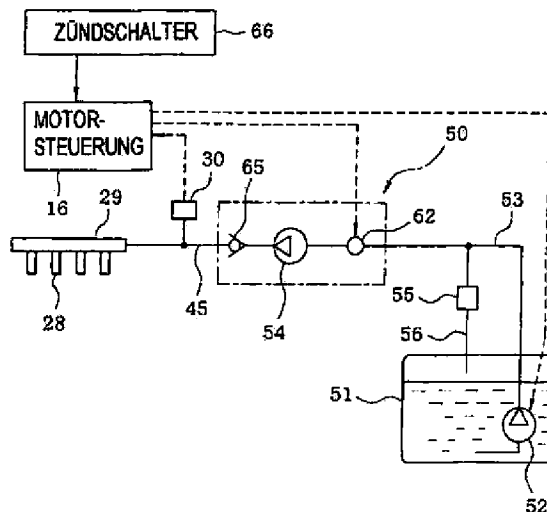
⑦④ Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑦2 Erfinder:
Fukasawa, Osamu, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

54 Diagnosevorrichtung zur Ermittlung eines unnormalen Zustands für ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem einer Brennkraftmaschine

Es wird überwacht, ob während des Betriebs eines Motors ein Zustand, während dessen ein Fördermengen-Stellwert einer Hochdruckpumpe (54) gleich oder größer als ein vorgegebener Wert "A" ist, während einer vorgegebenen Zeitdauer "B" oder länger andauert. Wenn der Zustand, während dessen der Fördermengen-Stellwert gleich oder größer als der gegebene Wert "A" ist, während der vorgegebenen Zeitdauer "B" oder länger andauert, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem (50) unnormal arbeitet. Auf diese Weise wird der unnormale Zustand selbst dann ermittelt, wenn im normalen Zustand der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe (54) den Maximalwert im Normalbereich nicht übersteigt. Selbst wenn das Ausgangssignal eines Drucksensors (30) aufgrund von Störungen, Rauschen oder dergleichen kurzzeitig einen unnormalen Wert annimmt, wird vermieden, dass dies fälschlicherweise als unnormaler Zustand des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems (50) ermittelt wird. Dabei wird die vorgegebene Zeitdauer vorzugsweise so festgesetzt, dass sie länger als eine Ansprech-Verzögerungszeit ist, die bei der Kraftstoffdruckregelung zu Normalzeiten auftritt, wenn der Soll-Kraftstoffdruck ansteigt (d. h. Zeitdauer, die dazu erforderlich ist, dass der Ist-Kraftstoffdruck auf einen Wert nahe dem Soll-Kraftstoffdruck ansteigt).



DE 101 36 706 A 1

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Diagnosevorrichtung zur Ermittlung eines unnormalen Zustands für ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem einer Brennkraftmaschine.

2. Stand der Technik

[0002] Bei einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, bei der der Kraftstoff direkt in einen Zylinder eingespritzt wird, muss der einzuspritzende Kraftstoff auf einen hohen Druck gebracht werden und der eingespritzte Kraftstoff gut zerstäubt werden, um eine ordnungsgemäße Verbrennung zu erreichen. Bei einer solchen Brennkraftmaschine bzw. einem solchen Motor wird daher der mittels einer Niederdruckpumpe aus einem Kraftstofftank gepumpte Kraftstoff unter hohem Druck gesetzt und unter hohem Druck einem Einspritzventil zugeführt. Da die Hochdruckpumpe eine hohe Antriebskraft erfordert, wird der Kolben der Hochdruckpumpe mittels einer Nocke auf- und abbewegt, die an der Nockenwelle des Motors befestigt ist, um auf diese Weise für Kraftstoffzufuhr unter hohem Druck zu sorgen. Bei einem solchen Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem wird der Druck des dem Einspritzventil zugeführten Kraftstoffs (im Folgenden kurz als "Kraftstoffdruck" bezeichnet) erfasst mittels eines Drucksensors für den Kraftstoffdruck. Die Fördermenge der Hochdruckpumpe wird geregelt in Abhängigkeit von dem Unterschied zwischen dem erfassten Kraftstoffdruck und einem Soll-Druck, um auf diese Weise den Kraftstoffdruck auf den Soll-Kraftstoffdruck zu regeln. Dabei wird die Fördermenge der Hochdruckpumpe häufig gesteuert durch Steuerung der Schließzeitdauer eines Steuerventils, das sich auf der Saugseite der Hochdruckpumpe befindet, während des Förderhubs der Hochdruckpumpe.

[0003] Es ist bereits ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem bekannt, das eine Diagnosefunktion zur Ermittlung bzw. Diagnose eines unnormalen Zustands aufweist. Beispielsweise wird gemäß der Veröffentlichung JP-B2-2 844 881 dann, wenn ein Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe einen Wert außerhalb des normalen Bereichs annimmt, ein unnormaler Zustand ermittelt.

[0004] Im Rahmen dieser Beschreibung und der Ansprüche wird mit dem Begriff "Unnormal-Zustandsdiagnose" die Feststellung bzw. Ermittlung bezeichnet, ob ein System oder ein Element eines Systems nicht so arbeitet, wie es arbeiten soll, also fehlerhaft und damit "unnormale" funktioniert. Sinngemäß gilt auch für die Begriffe "Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung", "Unnormal-Zustandsdiagnosevorrichtung", "Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahren" und dergleichen.

[0005] Die Veröffentlichung JP-A-10-89 135 offenbart ein Verfahren, bei dem der Kraftstoffdruck zu zwei Zeitpunkten erfasst wird, zwischen denen keine Einspritzperiode liegt. Das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein eines unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems wird ermittelt auf der Grundlage eines Unterschieds der Kraftstoffdrücke und eines Kraftstoffdruck-Stellwerts.

[0006] Bei dem Verfahren gemäß der Veröffentlichung JP-B2-2 844 881 kann jedoch so lange, wie der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe nicht den Maximalwert dieses Stellwerts im Normalbereich übersteigt, der unnormale Zustand nicht ermittelt werden, selbst wenn ein unnormaler

Zustand vorliegt, bei dem der Ist-Kraftstoffdruck während langer Zeit nicht auf den Soll-Kraftstoffdruck ansteigt, obwohl der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe während langer Zeit beim Maximalwert des Normalbereichs verharret. Der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe übersteigt nämlich nicht immer den Maximalwert im Normalbereich in den Fällen, in denen der Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem allmählich aussickert oder die Erfassungsgenauigkeit des Drucksensors aufgrund eines allmählichen Verschleißes desselben abnimmt oder das Einspritzventil eines der Zylinder fehlerhaft wird. Daher ist es bei diesem bekannten Verfahren möglich, dass ein unnormaler Zustand nicht ermittelt werden kann. Wenn Rauschen des Ausgangssignals des Drucksensors verstärkt oder mehrfach übertragen wird, kann es vorkommen, dass der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe, der im Zuge der Regelung auf der Grundlage des Ausgangssignals (erfasster Kraftstoffdruck) des Drucksensors korrigiert wird, schlagartig größer als der Maximalwert im Normalbereich wird, was zur Folge hat, dass aufgrund des Rauschens fälschlicherweise ein unnormaler Zustand ermittelt wird.

[0007] Bei dem Verfahren gemäß der Veröffentlichung JP-A-10-89 135 wird ein Unterschied zwischen den Kraftstoffdrücken zu zwei Zeitpunkten, die keine Einspritzperiode einschließen, als Parameter zur Unnormal-Zustandsdiagnose benutzt. Da jedoch das Zeitintervall zwischen zwei Zeitpunkten, die keine Einspritzperiode einschließen, kurz ist, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass beispielsweise dann, wenn der Kraftstoff aufgrund eines Lecks allmählich aussickert, diese Leckage nicht anhand eines Unterschieds zwischen den Kraftstoffdrücken ermittelt werden kann. Das heißt mit anderen Worten, dass dieses bekannte Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahren einen unnormalen Zustand nur dann ermitteln kann, wenn der Kraftstoffdruck sich deutlich innerhalb kurzer Zeit ändert.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Diagnosevorrichtung zur Ermittlung eines unnormalen Zustands für ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die in der Lage ist, einen unnormalen Zustand zu ermitteln, der nicht mittels eines herkömmlichen Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahrens ermittelt werden kann, und die ferner in der Lage ist, eine fehlerhafte Ermittlung eines unnormalen Zustands aufgrund von Rauschen oder dergleichen zu verhindern, um dadurch erhöhte Zuverlässigkeit bei der Diagnose eines unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems zu erreichen.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Diagnosevorrichtungen gemäß der Patentansprüche gelöst.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist vorgesehen, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem den Kraftstoffdruck auf den Soll-Kraftstoffdruck steuert, indem die Fördermenge der Hochdruckpumpe in Abhängigkeit von der Abweichung zwischen dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor und dem Soll-Kraftstoffdruck regelt. Wenn dabei der Zustand, während dessen der Ist-Kraftstoffdruck nicht den Soll-Kraftstoffdruck erreicht, während längerer Zeit andauert, obwohl der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe während langer Zeit nahe dem Maximalwert des Normalbereichs liegt, wird daraus geschlossen, dass ein unnormaler Zustand vorliegt, bspw. ein Kraftstoffleck, ein Versagen der Hochdruckpumpe, ein unnormaler Zustand des Drucksensors oder dergleichen.

[0011] Die Diagnosevorrichtung gemäß Patentanspruch 1 weist eine Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung auf, die

überwacht, ob der Zustand, während dessen der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe gleich oder größer als ein vorgegebener Wert ist, während einer vorgegebenen Zeitdauer oder länger andauert.

[0012] Wenn der Zustand, während dessen der Fördermengen-Stellwert gleich oder größer als der vorgegebene Wert ist, während der vorgegebenen Zeitdauer oder länger andauert, wird ermittelt, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem unnormal arbeitet. Auf diese Weise wird ein unnormaler Zustand selbst dann ermittelt, wenn während des unnormalen Zustands der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe den Maximalwert im Normalbereich nicht überschreitet. Auch wenn das Ausgangssignal des Drucksensors aufgrund von Rauschen oder Störungen oder dergleichen kurzzeitig einen unnormalen Wert annimmt, wird verhindert, dass dies in fehlerhafterweise als unnormaler Zustand des Hochdruck-Kraftstoffsystems interpretiert bzw. ermittelt wird. Es ist somit die Zuverlässigkeit der Diagnose eines unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems verbessert.

[0013] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung werden während einer vorgegebenen Zeitdauer mittels einer Integriereinrichtung die Fördermengen-Stellwerte der Hochdruckpumpe aufaddiert und werden ferner die Einspritzmengen-Stellwerte (geforderte Einspritzmengen) aufaddiert. Das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein eines unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems wird dann ermittelt auf der Grundlage eines Vergleichswertes zwischen dem mittels der Integriereinrichtung berechneten Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe und dem mittels der Integriereinrichtung berechneten Integralwert der Einspritzmenge. Wenn beispielsweise der Integralwert der Fördermengen der Hochdruckpumpe zusammenfällt mit dem Integralwert der Einspritzmenge, sind die Menge des durch eine Kraftstoffleitung, die von der Hochdruckpumpe zu einem Einspritzventil führt, strömenden Kraftstoffs und die Menge des abfließenden Kraftstoffs gleich. Wenn kein unnormaler Zustand wie beispielsweise ein unnormaler Zustand der Hochdruckpumpe, ein Kraftstoffleck oder dergleichen vorliegt, wird die Gesamtmenge des auf der Förderseite der Hochdruckpumpe in der Kraftstoffleitung enthaltenen Kraftstoffs konstant gehalten und wird demzufolge der Kraftstoffdruck konstant gehalten. Wenn der Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe größer als der Integralwert der Einspritzmenge wird und zugleich kein unnormaler Zustand wie ein unnormaler Zustand der Hochdruckpumpe, ein Kraftstoffleck oder dergleichen vorliegt, nimmt die Gesamtmenge des auf der Förderseite der Hochdruckpumpe in der Kraftstoffleitung vorhandenen Kraftstoffs zu und steigt demzufolge der Kraftstoffdruck. Wenn jedoch der Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe kleiner als der Integralwert der Einspritzmenge wird, während kein unnormaler Zustand der Hochdruckpumpe und kein Versagen des Einspritzventils oder dergleichen vorliegen, nimmt die Gesamtmenge des in der Kraftstoffleitung befindlichen Kraftstoffs ab und sinkt demzufolge der Kraftstoffdruck. Daher kann der Vergleichswert (klein oder groß) zwischen dem Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe und dem Integralwert der Einspritzmenge als Parameter zum Abschätzen des Verhaltens des Ist-Kraftstoffdrucks zu Normalzeiten benutzt werden. Durch Verwendung des Vergleichswertes und des erfassten Kraftstoffdrucks am Drucksensor als Parameter für die Unnormal-Zustandsdiagnose können verschiedene unnormale Zustände mit hoher Genauigkeit ermittelt werden, die mittels des herkömmlichen Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahrens nicht ermittelt werden können, so dass durch die Erfindung die Zuverlässigkeit der Unnormal-Zustands-

diagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems verbessert ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0014] Weitere Ziele und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden ausführlichen Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnungen. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Motorsteuerungssystems (erstes Ausführungsbeispiel)

[0016] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems (erstes Ausführungsbeispiel);

[0017] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Hochdruckpumpe (erstes Ausführungsbeispiel);

[0018] Fig. 4 ein Zeitdiagramm zur Erläuterung des Ansaug- und Förderbetriebes der Hochdruckpumpe (erstes Ausführungsbeispiel);

[0019] Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Bestimmung der Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose (erstes Ausführungsbeispiel);

[0020] Fig. 6 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (erstes Ausführungsbeispiel);

[0021] Fig. 7 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Berechnung des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses (erstes Ausführungsbeispiel);

[0022] Fig. 8A ein Zeitdiagramm, das das Verhalten zu Normalzeiten für den Fall zeigt, dass der Soll-Kraftstoffdruck erhöht wird (erstes Ausführungsbeispiel);

[0023] Fig. 8B ein Zeitdiagramm, das das Verhalten zu unnormalen Zeiten (bei unnormalem Betrieb) für den Fall zeigt, dass der Soll-Kraftstoffdruck erhöht wird (erstes Ausführungsbeispiel);

[0024] Fig. 9 ein Ablaufdiagramm für ein Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose (zweites Ausführungsbeispiel);

[0025] Fig. 10 ein Kennfeld zur Bestimmung einer vorgegebenen Zeitdauer B in Abhängigkeit von einer geforderten Einspritzmenge und der Drehzahl Ne des Motors (zweites Ausführungsbeispiel);

[0026] Fig. 11 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (drittes Ausführungsbeispiel);

[0027] Fig. 12 ein Kennfeld zur Berechnung eines geschätzten Kraftstoffdrucks DPR aus einer Differenz DQ zwischen einem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und einem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge (drittes Ausführungsbeispiel);

[0028] Fig. 13 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (viertes Ausführungsbeispiel);

[0029] Fig. 14A ein Zeitdiagramm, das das Verhalten zu Normalzeiten für den Fall zeigt, dass die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} praktisch konstant ist (viertes Ausführungsbeispiel);

[0030] Fig. 14B ein Zeitdiagramm, das das Verhalten für den Fall zeigt, dass ein Kraftstoffleck vorhanden ist und die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} praktisch konstant ist (viertes Ausführungsbeispiel);

[0031] Fig. 15 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (fünftes Ausführungsbeispiel);

[0032] Fig. 16 ein Ablaufdiagramm für ein Programm zur Berechnung des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses (fünftes Ausführungsbeispiel);

[0033] Fig. 17 ein Ablaufdiagramm für ein Programm zur Berechnung der Einspritzperiode (fünftes Ausführungsbeispiel);

[0034] Fig. 18 ein Kennfeld zur Berechnung eines Kraft-

stoffdruck-Korrekturfaktors KP aus dem erfassten Kraftstoffdruck PR an einem Drucksensor (fünftes Ausführungsbeispiel);

[0035] Fig. 19 ein Zeitdiagramm, das das Verhalten für den Fall zeigt, dass ein Ausgangssignal eines Drucksensors kurzzeitig unnormal abfällt, während die geforderte Einspritzmenge Qinj auf einen praktisch konstanten Wert gesteuert wird (fünftes Ausführungsbeispiel);

[0036] Fig. 20 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (sechstes Ausführungsbeispiel);

[0037] Fig. 21 ein Zeitdiagramm, das das Verhalten für den Fall zeigt, dass ein Ausgangssignal des Drucksensors kurzzeitig unnormal ansteigt, während die geforderte Einspritzmenge Qinj auf einen praktisch konstanten Wert gesteuert wird (sechstes Ausführungsbeispiel);

[0038] Fig. 22 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (siebtes Ausführungsbeispiel);

[0039] Fig. 23 ein Zeitdiagramm, das das Verhalten für den Fall zeigt, dass ein Einspritzventil eines der Zylinder unnormal arbeitet (Kraftstoff nicht einspritzen kann), während die geforderte Einspritzmenge Qinj auf einen praktisch konstanten Wert gesteuert wird (siebtes Ausführungsbeispiel);

[0040] Fig. 24 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (achttes Ausführungsbeispiel);

[0041] Fig. 25 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (neuntes Ausführungsbeispiel); und

[0042] Fig. 26 ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose (zehntes Ausführungsbeispiel).

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Erstes Ausführungsbeispiel

[0043] Eine Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 8 erläutert. Bei dieser Brennkraftmaschine kommt eine Diagnosevorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel zur Anwendung.

[0044] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung, die das gesamte Steuersystem einer Brennkraftmaschine 11 mit Direkteinspritzung zeigt. Die Brennkraftmaschine 11 mit Direkteinspritzung wird im Folgenden kurz als "Motor" bezeichnet. Am stromauf gelegenen Ende einer Ansaugleitung 12 des Motors 11 befindet sich ein Luftfilter 13. Stromab des Luftfilters 13 ist eine Drosselklappe 15 angeordnet, deren Winkelstellung mittels eines Schrittmotors 14 eingestellt wird. Der Schrittmotor 14 wird entsprechend einem Ausgangssignal angetrieben, das von einer elektronischen Motorsteuerungseinheit (im Folgenden kurz als "Motorsteuerung" bezeichnet) 16 geliefert wird, und steuert dadurch die Winkelstellung der Drosselklappe 15, d. h. die Drosselstellung. Auf diese Weise wird entsprechend der Drosselstellung die jedem Zylinder des Motors 11 zugeführte Menge der Ansaugluft eingestellt. Nahe der Drosselklappe 15 befindet sich ein Drosselsensor 17, der zur Erfassung der Drosselstellung dient.

[0045] Stromab der Drosselklappe 15 befindet sich eine Ausgleichskammer 19, und an die Ausgleichskammer 19 ist für jeden der Zylinder des Motors 11 ein Ansaugstutzen 20 zum Zuführen von Luft in den Zylinder vorgesehen. Im Ansaugstutzen 20 eines jeden Zylinders sind ein erster Ansaugkanal 21 und ein zweiter Ansaugkanal 22 ausgebildet, die voneinander getrennt sind und jeweils mit einer von zwei

Einlassöffnungen 23 verbunden sind, die in jedem der Zylinder des Motors 11 ausgebildet sind. Im zweiten Ansaugkanal 22 eines jeden Zylinders ist ein als Wirbelklappe 24 ausgebildetes Verwirbelungs-Steuerventil angeordnet. Die Wirbelklappen 24 der einzelnen Zylinder sind über eine gemeinsame Welle 25 mit einem Schrittmotor 26 verbunden. Der Schrittmotor 26 wird entsprechend einem Ausgangssignal der Motorsteuerung 16 angetrieben, und dadurch wird die Winkelstellung der Wirbelklappen 24 gesteuert und dementsprechend wird die Stärke der Verwirbelung in jedem Zylinder eingestellt. Am Schrittmotor 26 ist ein Wirbelklappensensor 27 angebracht, der zur Erfassung der Winkelstellung der Wirbelklappen 24 dient.

[0046] Am oberen Abschnitt eines jeden Zylinders des Motors 11 ist ein Einspritzventil 28 angebracht, das zum direkten Einspritzen von Kraftstoff in den Zylinder dient. Ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 speist das Einspritzventil 28 jeden Zylinders mit Kraftstoff unter hohem Druck.

[0047] Ferner ist für jeden der Zylinder in den Zylinderköpfen des Motors 11 eine nicht dargestellte Zündkerze angebracht. Das Luft-Kraftstoff-Gemisch im Brennraum wird durch Funkenentladung der jeweiligen Zündkerze gezündet. Ein Zylindersensor 32 liefert ein impulsförmiges Zylinderidentifizierungssignal, wenn ein bestimmter Zylinder seinen Gaswechsel-OT (oberer Totpunkt zu Beginn des Ansaugtaktes) erreicht. Ein Kurbelwinkelsensor 33 liefert ein impulsförmiges Kurbelwinkelsignal immer dann, wenn sich die Kurbelwelle des Motors 11 um einen bestimmten Kurbelwinkel (bspw. 30°KW) gedreht hat. Mittels der Frequenz des Kurbelwinkelsignals wird die Drehzahl Ne des Motors ermittelt. Aus dem Kurbelwinkelsignal und dem Zylinderidentifizierungssignal werden der Kurbelwinkel und der jeweilige Zylinder ermittelt.

[0048] Auslassöffnungen 35 des Motors 11 sind an einen Abgaskrümmter 36 angeschlossen, mit dem eine Abgasleitung 37 verbunden ist. In der Abgasleitung 37 sind ein Dreizegekkatalysator 38 zur effektiven Abgasbehandlung bei stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Verhältnis sowie ein Stickoxid absorbierender Stickoxiddkatalysator 39 in Reihe angeordnet. Der Stickoxiddkatalysator 39 absorbiert Stickoxid im Abgas bei Magerbetrieb, wenn die Sauerstoffkonzentration im Abgas hoch ist. Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis zur fetten Seite verändert wird (d. h. so verändert wird, dass es einem fetten Gemisch entspricht) und die Sauerstoffkonzentration im Abgas demzufolge abnimmt, reduziert der Stickoxiddkatalysator 39 das absorbierte Stickoxid und gibt er das reduzierte Stickoxid ab. Stromab des Stickoxiddkatalysators 39 ist ein nicht dargestellter Stickoxidkonzentrationssensor angeordnet, der zur Erfassung der Stickoxidkonzentration im Abgas stromab des Stickoxiddkatalysators 39 dient. Aus der Konzentration des Stickoxids im Abgas wird die im Stickoxiddkatalysator 39 absorbierte Stickoxidmenge geschätzt. Wenn diese größer als ein vorgegebener Wert wird, wird das Luft-Kraftstoffverhältnis zeitweilig von der mageren Seite zur fetten Seite umgestellt.

[0049] Eine AGR-Leitung (Abgasrückführleitung) 40 verbindet die Ausgleichskammer 19 mit der Abgasleitung 37 an einer Stelle stromauf des Dreizegekkatalysators 38. Die AGR-Leitung 40 dient zur Rückführung eines Teils des Abgases. In der AGR-Leitung 40 ist ein AGR-Ventil (Abgasrückführventil) 41 angeordnet, das zur Steuerung der AGR-Menge (zurückgeführte Abgasmenge) dient. Ein Gaspedal 18 ist mit einem Gaspedalsensor 42 versehen, der zur Ermittlung der Stellung des Gaspedals dient.

[0050] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Fig. 2 bis 4 die Ausbildung des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 zur Versorgung der Einspritzventile 28 der einzelnen Zylinder mit Kraftstoff unter hohem Druck erläutert. In

einem Kraftstofftank 51, in dem Kraftstoff gespeichert ist, ist eine Niederdruckpumpe 52 angeordnet, die den Kraftstoff aus dem Kraftstofftank 51 pumpt. Die Niederdruckpumpe 52 wird mittels eines nicht dargestellten Elektromotors angetrieben, der aus einer nicht dargestellten Batterie gespeist wird. Der von der Niederdruckpumpe 52 geförderte Kraftstoff wird durch eine Leitung 53 einer Hochdruckpumpe 54 zugeleitet. In der Leitung 53 ist ein Druckregler 55 angeordnet. Der Lieferdruck der Niederdruckpumpe 52 (der Druck, unter dem der Kraftstoff der Hochdruckpumpe 54 zugeführt wird) wird mittels des Druckreglers 55 auf bspw. ungefähr 0,3 MPa geregelt. Wenn dabei der Druck über 0,3 MPa ansteigen droht, wird der überschüssige Kraftstoff durch eine Rückföhrleitung 56 zum Kraftstofftank 51 zurückgeleitet.

[0051] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, ist die Hochdruckpumpe 54 als Kolbenpumpe ausgebildet, die den Kraftstoff durch Hin- und Herbewegung eines Kolbens 59 in einer zylindrischen Pumpenkammer 58 ansaugt und ausstößt. Der Kolben 59 wird durch die Drehbewegung einer Nocke 61 angetrieben, die an einer Nockenwelle 60 des Motors 11 befestigt ist. Der Hub des Kolbens 59 ändert sich periodisch mit dem Kurbelwinkel, wie dies in Fig. 4 gezeigt ist. Auf der Seite einer Einlassöffnung 63 der Hochdruckpumpe 54 ist ein Drucksteuerventil 62 angeordnet, das als elektromagnetisches Ventil bzw. Solenoidventil ausgebildet ist. Wenn sich der Kolben 59 abwärts bewegt, während das Drucksteuerventil 62 offen ist, wird der von der Niederdruckpumpe 52 geförderte Kraftstoff in die Pumpenkammer 58 eingesaugt. Wenn sich der Kolben 59 aufwärts bewegt, während das Drucksteuerventil 62 offen ist, wird der in der Pumpenkammer 58 vorhandene Kraftstoff in Richtung zur Niederdruckpumpe 52 zurückgefördert. Wenn das Drucksteuerventil 62 geschlossen ist, während der Kolben 59 sich aufwärts bewegt, wird der Kraftstoff in der Pumpenkammer 58 unter Druck gesetzt und durch eine Kraftstoffleitung 54 zu den Einspritzventilen 28 gefördert. Auf diese Weise kann durch Steuerung der Schließperiode des Drucksteuerventils 62 während der Aufwärtsbewegung des Kolbens 59 die von der Hochdruckpumpe 54 zu den Einspritzventilen 28 geförderte Kraftstoffmenge (entsprechend dem gestrichelten Bereich in Fig. 4) gesteuert werden, wodurch zugleich der Kraftstoffdruck des den Einspritzventilen 28 zugeführten Kraftstoffs gesteuert wird. Dabei wird, um den Kraftstoffdruck zu erhöhen, die Schließperiode des Drucksteuerventils verlängert. Wenn jedoch der Kraftstoffdruck verringert werden soll, wird die Schließperiode des Drucksteuerventils 62 verkürzt.

[0052] Auf der Seite der Auslassöffnung 64 der Hochdruckpumpe 54 ist ein Einweg- bzw. Rückschlagventil 65 angeordnet, das verhindert, dass der geförderte Kraftstoff zurückströmt. Der von der Hochdruckpumpe 54 geförderte Kraftstoff wird durch die Kraftstoffleitung 45 in eine Verteilerleitung 29 geleitet, aus der der unter hohem Druck stehende Kraftstoff auf die Einspritzventile 28 verteilt wird, die jeweils an den Zylinderköpfen der Zylinder des Motors 11 angebracht sind. Die von der Auslassöffnung 64 der Hochdruckpumpe 54 ausgehende Kraftstoffleitung ist mit einem Drucksensor 30 zur Erfassung des Kraftstoffdrucks versehen. Das Ausgangssignal (erfasster Kraftstoffdruck) des Drucksensors 30 wird der Motorsteuerung 16 zugeführt.

[0053] Die Motorsteuerung 16 besteht im wesentlichen aus einem Mikrocomputer. Durch Ausführung eines (nicht dargestellten) Programms zur Kraftstoffdruckregelung, das in einem in die Motorsteuerung 16 eingebauten ROM (Festwertspeicher, Speichermittel) gespeichert ist, arbeitet die Motorsteuerung 16 als Kraftstoffdruck-Steuereinrichtung, die eine Steuerung der Schließperiode des Drucksteuerventils 62 der Hochdruckpumpe 54 in der Weise bewirkt, dass

der mittels des Drucksensors 30 erfasste Kraftstoffdruck mit dem Sollwert des Kraftstoffdrucks übereinstimmt und der Kraftstoffdruck dadurch geregelt wird. Die Schließperiode des Drucksteuerventils 62 wird gesteuert durch einen Fördermengen-Stellwert (Fördermengen-Stelleinschaltdauer), mit dem die Motorsteuerung 16 das Drucksteuerventil 63 beaufschlagt.

[0054] Die Motorsteuerung 16 liest die Ausgangssignale der verschiedenen Sensoren ein, um den Betriebszustand bzw. die Betriebsparameter wie die Drehzahl des Motors, den Druck in der Ansaugleitung (oder das angesaugte Luftvolumen) und die Kühlwassertemperatur zu erfassen. Ferner steuert die Motorsteuerung 16 den Betrieb der Schrittmotoren 14 und 26, des AGR-Ventils 41, der Einspritzventile 28 und der Zündkerzen gemäß verschiedenen (nicht dargestellten) Programmen zur Steuerung des Motors. Ferner steuert die Motorsteuerung 16 das angesaugte Luftvolumen (Drosselstellung), die Stärke der Wirbelströmung (Winkelstellung der Wirbelklappe 24), die AGR-Menge (Winkelstellung des AGR-Ventils 41), die eingespritzte Kraftstoffmenge, die Einspritzperiode (Art der Verbrennung), den Zündzeitpunkt und dergleichen.

[0055] Beispielsweise wird bei Betrieb mit niedriger oder mittlerer Last eine geringe Kraftstoffmenge während des Verdichtungsaktes eingespritzt, um auf diese Weise ein mageres Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu erzielen, eine Schichtladung mit fetterem Gemisch im Bereich der Zündkerze zu erzeugen und eine Schichtladungsverbrennung durchzuführen, damit dadurch der Kraftstoffverbrauch verbessert wird (Schichtladebetrieb). Bei Betrieb unter hoher Last wird die eingespritzte Kraftstoffmenge soweit erhöht, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis praktisch gleich dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ist oder das Gemisch sogar etwas fetter ist, als es dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis entspricht. Der Kraftstoff wird dann während des Ansaugtaktes eingespritzt, und es wird ein homogenes Gemisch erzeugt und verbrannt, so dass auf diese Weise die Motorleistung erhöht wird (Betrieb mit homogenem Gemisch).

[0056] Durch Ausführung der in den Ablaufdiagrammen gemäß den Fig. 5 und 6 wiedergegebenen Programme, die in einem in der Motorsteuerung 16 eingebauten ROM (Speichermittel) gespeichert sind, überwacht die Motorsteuerung, ob ein Zustand, bei dem die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als ein vorgegebener Wert A ist, für eine vorgegebene Zeitdauer B oder länger andauert. Wenn der Zustand, bei dem die Fördermengen-Stelleinschaltdauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert, bestimmt die Motorsteuerung 16, dass sich das Hochdruck-Kraftstoffzuföhrsystem 50 in einem unnormalen Zustand befindet. Aufgrund dieser Funktion, bei der die Motorsteuerung 16 den unnormalen Zustand diagnostiziert, erfüllt die Motorsteuerung 16 die Rolle der Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung bei der vorliegenden Erfindung. Die Prozesse der Programme gemäß den Fig. 5 und 6 werden im Folgenden erläutert.

[0057] Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Bestimmung der Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose. Nachdem ein Zündschalter 66 (siehe Fig. 2) eingeschaltet worden ist, wird dieses Programm wiederholt ausgeführt, entweder jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls oder jeweils bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel. Ob die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt sind oder nicht, wird in folgender Weise bestimmt. Wenn das Programm begonnen wird, wird zunächst in Schritt 101 ermittelt, ob ein Anlassvorgang im Gang ist oder nicht. Wenn

"Ja", ist eine der Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose nicht erfüllt und schreitet das Programm zu Schritt 104 fort, wo eine Ausführungsmarke für die Unnormal-Zustandsdiagnose auf "0" gesetzt wird.

[0058] Wenn jedoch in Schritt 101 festgestellt wird, dass kein Anlassvorgang im Gang ist, schreitet das Programm zu Schritt 102 fort, in dem ermittelt wird, ob eine geforderte Einspritzmenge (Einspritzmengen-Stellwert) kleiner als ein vorgegebener Wert Q ist oder nicht. Auch dann, wenn die geforderte Einspritzmenge gleich oder größer als der vorgegebene Wert Q ist, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose nicht erfüllt, so dass das Programm zu Schritt 104 fortschreitet, in dem die Ausführungsmarke für die Unnormal-Zustandsdiagnose auf "0" gesetzt wird.

[0059] Wenn jedoch in Schritt 102 festgestellt wird, dass die geforderte Einspritzmenge kleiner als der vorgegebene Wert Q ist, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt und schreitet das Programm zu Schritt 103 weiter, in dem die Ausführungsmarke für die Unnormal-Zustandsdiagnose auf "1" gesetzt wird.

[0060] Die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose sind, (1) dass kein Anlassvorgang läuft (Schritt 101) und (2) dass (2) die geforderte Einspritzmenge kleiner als der vorgegebene Wert Q ist (Schritt 102). Wenn beide Bedingungen (1) und (2) erfüllt sind, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt. Selbst wenn nur eine dieser Bedingungen nicht erfüllt ist, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose nicht erfüllt. Die Prozesse gemäß den Schritten 101, 102 und 104 erfüllen bei der vorliegenden Erfindung die Funktion einer Verhinderungseinrichtung, d. h. einer Einrichtung, die die Unnormal-Zustandsdiagnose verhindert.

[0061] Wenn bei dem betrachteten ersten Ausführungsbeispiel der Zustand, bei dem die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 unnormal arbeitet. Daher muss dann, wenn einerseits ein Betriebszustand vorliegt, bei dem der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert, und wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet, die Unnormal-Zustandsdiagnose verhindert bzw. unterbunden werden. Eine Situation, bei dem dies möglich ist, tritt während des Anlassens und dann auf, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge groß ist.

[0062] Während eines Stillstands des Motors steht auch die Hochdruckpumpe 54 still. Demzufolge wird der Kraftstoffdruck in der Kraftstoffleitung 49 und der Verteilerleitung nicht mehr auf einem hohen Wert gehalten. Während des Motorstillstands fällt der Kraftstoffdruck daher auf einen Wert nahe dem atmosphärischen Druck. Beim Anlassen ist es daher notwendig, den auf ungefähr den atmosphärischen Druck abgesunkenen Kraftstoffdruck auf den Soll-Kraftstoffdruck zu erhöhen. Da ferner während des Anlassens die Kraftstoffeinspritzmenge groß ist, dauert der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer groß ist, für eine gewisse Zeitdauer an. Während einer Beschleunigung, bei Betrieb unter hoher Last und dergleichen ist die Kraftstoffeinspritzmenge groß, so dass der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer groß ist, für eine gewisse Zeitdauer anhält. Während des Anlassens oder dann, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge groß ist, besteht daher selbst dann, wenn das Hoch-

druck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet, die Möglichkeit, dass der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, für die vorgegebene Zeitdauer B oder länger andauert, und ist es daher möglich, dass ein unnormaler Zustand fälschlicherweise diagnostiziert wird. Daher wird während des Anlassens und dann, wenn die geforderte Einspritzmenge gleich oder größer als der vorgegebene Wert Q ist, die Unnormal-Zustandsdiagnose verhindert.

[0063] Das Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 6 wird, nachdem der Zündschalter 66 (siehe Fig. 2) eingeschaltet worden ist, wiederholt ausgeführt entweder jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls oder jeweils bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel. Ob das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 sich in einem unnormalen Zustand oder nicht befindet, wird auf folgende Weise ermittelt bzw. diagnostiziert. Zu Beginn des Programmablaufs wird zunächst in Schritt 111 festgestellt, ob die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt sind oder nicht. Hierzu wird geprüft, ob die Ausführungsmarke für die Unnormal-Zustandsdiagnose auf "1" gesetzt ist. Wenn die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose nicht erfüllt sind, geht das Programm zu Schritt 116 weiter, in dem ein Zeitzähler auf "0" gesetzt wird. Im folgenden Schritt 117 wird eine Zustandsmarke auf "0" gesetzt, wodurch angezeigt wird, dass der unnormale Zustand des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 nicht vorliegt. Zugleich endet der Programmablauf.

[0064] Wenn jedoch in Schritt 111 ermittelt wird, dass die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt sind, schreitet das Programm zu Schritt 112 fort. In Schritt 112 wird ermittelt, ob die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist oder nicht. Dabei wird der vorgegebene Wert A eingestellt auf einen Wert, der kleiner ist als der Maximalwert (100%) der Fördermengen-Stelleinschalt-dauer zu Normalzeiten, bspw. auf einen Wert von 70 bis 95% des Maximalwertes zu Normalzeiten, vorzugsweise einen Wert von 80 bis 90% des Maximalwertes. Wenn in Schritt 112 festgestellt wird, dass die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer kleiner als der vorgegebene Wert A ist, geht das Programm zu Schritt 116 weiter, in dem der Zeitzähler auf "0" gesetzt wird. Im folgenden Schritt 117 wird die Zustandsmarke auf "0" gesetzt, wonach der Programmablauf beendet ist.

[0065] Wenn in Schritt 112 festgestellt wird, dass die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, geht das Programm zu Schritt 113 weiter, in dem der Zählerinhalt des Zeitzählers erhöht wird, so dass auf diese Weise die Zeitdauer, während der die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, gezählt wird. Danach geht das Programm zu Schritt 114 weiter, in dem festgestellt wird, ob der Zeitzählerinhalt (Dauer des Zustands, während dessen die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist) gleich oder größer als die vorgegebene Zeitdauer B ist oder nicht. Wenn der Zählerinhalt kleiner als die vorgegebene Zeitdauer B ist, bleibt die Zustandsmarke auf "0" (Schritt 117) und ist danach der Programmablauf beendet.

[0066] Wenn jedoch in Schritt 114 festgestellt wird, dass der Zeitzählerinhalt (Dauer des Zustands, während dessen die Fördermengen-Stelleinschalt-dauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist) gleich oder größer als die vorgegebene Zeitdauer ist, wird dadurch ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 sich in einem unnormalen Zustand befindet. Demzufolge schreitet das Programm zu Schritt 115 fort, in dem die Zu-

standsmarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass der unnormale Zustand vorliegt. Danach ist der Programmablauf beendet.

[0067] Fig. 7 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Berechnung des Sollwerts des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wird im Folgenden kurz als "LKV" bezeichnet. Das Programm gemäß Fig. 7 wird während des Motorbetriebs wiederholt begonnen jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls oder bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel. Bei Aufruf des Programms werden zunächst in Schritt 101 die aktuelle Drehzahl N_e und ein gefordertes Drehmoment eingelesen. In Schritt 122 wird in Abhängigkeit von der aktuellen Drehzahl N_e und dem geforderten Drehmoment das Soll-LKV berechnet unter Verwendung eines Kennfeldes oder dergleichen. Wenn sich die Drehzahl N_e oder das geforderte Drehmoment während des Motorbetriebs merklich ändern, kann sich der Soll-Kraftstoffdruck sprunghaft ändern, wie dies in den Fig. 8A und 8B gezeigt ist.

[0068] Das bereits vorstehend erläuterte Verfahren zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeitdiagramme gemäß den Fig. 8A und 8B weiter erläutert. Jede der Fig. 8A und 8B zeigt die Vorgänge für den Fall, dass der Soll-Kraftstoffdruck während des Motorbetriebs sprunghaft ansteigt. Fig. 8A zeigt die Vorgänge bei normalem Betrieb. Fig. 8B zeigt die Vorgänge bei unnormalem Betrieb. Wenn der Soll-Kraftstoffdruck während des Motorbetriebs sprunghaft ansteigt, nimmt die Differenz zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem Ist-Kraftstoffdruck zu, so dass auch die Fördermenge-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 sprunghaft zunimmt. Selbst dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet, kann dann, wenn die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 zunimmt (siehe Fig. 8A) der Fall eintreten, dass die Fördermengen-Stelleinschaltdauer zeitweilig gleich oder größer als der vorgegebene Wert A wird und demzufolge der Zeitzähler zu zählen beginnt (siehe die vorstehende Erläuterung zu Schritt 113). Bei normalem Betrieb steigt jedoch der Ist-Kraftstoffdruck vergleichsweise schnell auf einen Wert nahe dem Soll-Kraftstoffdruck, so dass die Abweichung zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem Ist-Kraftstoffdruck entsprechend schnell abnimmt. Dementsprechend sinkt die Fördermengen-Stelleinschaltdauer innerhalb kurzer Zeit unter den vorgegebenen Wert A und wird der Zeitzähler auf "0" gesetzt. Bei Normalbetrieb wird daher der Zählerinhalt des Zeitzählers (Dauer des Zustands, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist) nicht gleich oder größer als die vorgegebene Zeitdauer B und bleibt die Zustandsmarke bei "0", wodurch angezeigt wird, dass ein unnormaler Zustand nicht vorliegt.

[0069] Wenn jedoch ein unnormaler Zustand wie bspw. ein Kraftstoffleck im Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 auftritt, steigt der Ist-Kraftstoffdruck nur langsam (siehe Fig. 8B), selbst wenn der Soll-Kraftstoffdruck sprunghaft ansteigt. Demzufolge dauert der Zustand, während dessen der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem Ist-Kraftstoffdruck groß ist, vergleichsweise lange an. Daher dauert auch der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, lange an, so dass der Zählerinhalt des Zeitzählers gleich oder größer als die vorgegebene Zeitdauer B wird. Zu diesem Zeitpunkt wird die Zustandsmarke auf "1" gesetzt, wodurch angezeigt wird, dass ein unnormaler Zustand vorliegt. Auf diese Weise wird der unnormale Zustand des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 ermittelt bzw. diagnostiziert.

[0070] Wie die Fig. 8A und 8B zeigen, nimmt die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 zu, wenn der Soll-Kraftstoffdruck während des Motorbetriebs ansteigt, damit der Ist-Kraftstoffdruck dem Soll-Kraftstoffdruck folgt. Dieser Zustand dauert an, bis der Ist-Kraftstoffdruck nahe dem Soll-Kraftstoffdruck liegt. Wenn die vorgegebene Zeitdauer B zu kurz ist, ist es möglich, dass der unnormale Zustand bei einem Anstieg des Soll-Kraftstoffdrucks fälschlicherweise ermittelt wird.

[0071] Um dem vorzubeugen, wird, wie dies in Fig. 8A gezeigt ist, vorzugsweise die vorgegebene Zeitdauer B so eingestellt, dass sie größer ist als eine bei der Kraftstoffdruckregelung im Normalbetrieb auftretende Verzögerungszeit (Zeitdauer, die verstreicht, bis der Ist-Kraftstoffdruck auf einen Wert nahe dem Soll-Kraftstoffdruck angestiegen ist) im Falle einer Erhöhung des Soll-Kraftstoffdrucks. Auf diese Weise ist dafür gesorgt, dass dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet und der Zustand, während dessen bei einem Anstieg des Soll-Kraftstoffdrucks die Fördermengen-Stelleinschaltdauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, nicht länger als die Ansprech-Verzögerungszeit anhält, die Fördermengen-Stelleinschaltdauer vor Ablauf der vorgegebenen Zeitdauer B unter den vorgegebenen Wert A sinkt. Auf diese Weise wird verhindert, dass es aufgrund der Ansprechverzögerung bei der Kraftstoffdruckregelung zu einer falschen Ermittlung des unnormalen Zustands kommt.

[0072] Die vorgegebene Zeitdauer B kann ein voreingestellter, fester Wert sein. Wenn der Soll-Kraftstoffdruck ansteigt, bevor die vorgegebene Zeitdauer verstrichen ist, wird die vorgegebene Zeitdauer B so eingestellt, dass sie länger ist als die Ansprech-Verzögerungszeit bei der Kraftstoffdruckregelung zu Normalzeiten. In anderen Perioden als dieser, d. h. in Perioden, in denen die Ansprechverzögerung bei der Kraftstoffdruckregelung kein Problem darstellt, kann die vorgegebene Zeitdauer B kurz sein. Durch Verkürzung der vorgegebenen Zeitdauer B in Perioden, in denen die Ansprechverzögerung bei der Kraftstoffdruckregelung kein Problem darstellt, wird der Vorteil erzielt, dass der unnormale Zustand frühzeitig ermittelt wird.

[0073] Bei dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel wird überwacht, ob der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B andauert oder nicht. Wenn der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 unnormal arbeitet. Auch dann, wenn ein unnormaler Zustand auftritt, bei dem die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 nicht den Maximalwert im Normalbereich übersteigt, wird der unnormale Zustand ermittelt. Selbst dann, wenn das Ausgangssignal des Drucksensors 30 kurzzeitig aufgrund von Rauschen oder dergleichen einen unnormalen Wert annimmt, wird vermieden, dass dies fälschlicherweise als unnormaler Zustand des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 ermittelt wird. Auf diese Weise ist die Zuverlässigkeit der Unnormal-Zustandsdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 verbessert.

[0074] Ferner wird bei dem ersten Ausführungsbeispiel die Unnormal-Zustandsdiagnose während des Anlassvorgangs und dann, wenn die geforderte Einspritzmenge gleich oder größer als der vorgegebene Wert Q ist, unterbunden. Durch Verhinderung der Unnormal-Zustandsdiagnose unter Betriebsbedingungen, bei denen vorherrschbar ist, dass der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer

dauer groß ist, länger andauert, wird eine fehlerhafte Bestimmung des unnormalen Zustandes verhindert. Nur unter Betriebsbedingungen, bei denen der Unterschied zwischen dem Verhalten der Fördermengen-Stelleinschaltdauer zu Normalzeiten und dem zu unnormalen Zeiten auffällig und aussagekräftig ist, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, ob sich das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem im normalen oder unnormalen Zustand befindet, und zwar auf einfache Weise und mit hoher Genauigkeit.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0075] Das zweite Ausführungsbeispiel wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 9 und 10 erläutert. Das zweite Ausführungsbeispiel weist die folgenden zwei Besonderheiten auf.

[0076] Die erste Besonderheit besteht darin, dass die vorgegebene Zeitdauer B in Abhängigkeit von der geforderten Einspritzmenge verändert wird. Je kürzer die vorgegebene Zeitdauer eingestellt wird, desto früher wird ein unnormaler Zustand ermittelt. Wenn die Kraftstoffeinspritzmenge groß ist, dauert es vergleichsweise lange, bis der Ist-Kraftstoffdruck dem Soll-Kraftstoffdruck hinreichend angenähert ist, so dass der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 groß ist, verhältnismäßig lange andauert. Wenn die vorgegebene Zeitdauer B dann, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge groß ist, zu kurz eingestellt wird, kann es vorkommen, dass ein unnormaler Zustand fälschlicherweise ermittelt wird. Dementsprechend wird, wenn die erforderliche Einspritzmenge klein ist, die vorgegebene Zeitdauer B (Ermittlungszeitdauer) kurz eingestellt. Wenn die geforderte Einspritzmenge jedoch groß ist, wird die vorgegebene Zeitdauer B so eingestellt, dass sie länger ist. Auf diese Weise wird erreicht, dass einerseits ein unnormaler Zustand frühzeitig ermittelt wird und dass andererseits eine fälschliche Ermittlung unterbleibt.

[0077] Die zweite Besonderheit besteht darin, dass als Parameter bei der Unnormal-Zustandsdiagnose nicht nur die Zeitdauer dient, während der der Zustand andauert, bei dem die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, sondern auch der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 gemessen wird. Wenn der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert und wenn der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 gleich oder größer als ein vorgegebener Wert C ist, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 sich in einem unnormalen Zustand befindet. Die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 wird gesteuert, um den Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem Ist-Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 zu verringern. Wenn trotz längeren Andauerns des Zustands, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 groß ist, der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 nicht abnimmt (d. h. der erfasste Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 nicht bis nahe dem Soll-Kraftstoffdruck ansteigt), so bedeutet dies, dass bspw. ein Kraftstoffleck, ein Versagen der Hochdruckpumpe 54, ein unnormaler Zustand des Drucksensors 30 oder dergleichen vorliegt. Wenn die Unnormal-Zustandsdiagnose unter zusätzlicher Berücksichtigung auch des Unterschieds zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem er-

fassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 durchgeführt wird, wird der unnormale Zustand des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermittelt.

[0078] Fig. 9 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Dieses Ablaufdiagramm stimmt im wesentlichen mit dem Ablaufdiagramm in Fig. 5 für das erste Ausführungsbeispiel überein, wobei der Unterschied besteht, dass der Prozess in Schritt 114 abgewandelt ist zu den Prozessen in den drei Schritten 114a, 114b und 114c.

[0079] Während der Ausführung des Programms gemäß Fig. 9 zu Unnormal-Zustandsdiagnose wird der Zeitählerinhalt in Schritt 113 erhöht. Danach geht das Programm zu Schritt 114a weiter, in dem die vorgegebene Zeitdauer B unter Verwendung des Kennfeldes gemäß Fig. 10 in Abhängigkeit von der aktuell geforderten Einspritzmenge und der Drehzahl Ne bestimmt wird. Die Kurven des Kennfeldes gemäß Fig. 10 sind so festgelegt, dass bei Zunahme der geforderten Einspritzmenge und/oder der Drehzahl Ne die vorgegebene Zeitdauer Bi (i = 1 bis 4) länger wird.

[0080] Nachdem die vorgegebene Zeitdauer B bestimmt und eingesetzt worden ist, schreitet das Programm zu Schritt 114b fort, in dem bestimmt wird, ob der Zeitählerinhalt (Dauer des Zustands, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist) gleich oder größer als die vorgegebene Zeitdauer B ist. Wenn "Ja", schreitet das Programm zu Schritt 114c fort und wird bestimmt, ob der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 gleich oder größer als der vorgegebene Wert C ist oder nicht.

[0081] Wenn sowohl die Abfrage in Schritt 114b als auch die Abfrage in Schritt 114c mit "Ja" beantwortet wird, d. h. wenn der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert und wenn der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 gleich oder größer als der vorgegebene Wert C ist, wird ermittelt, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 sich in einem unnormalen Zustand befindet. Das Programm schreitet zu Schritt 115 fort, in dem die Zustandsmarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass ein unnormaler Zustand vorliegt. [0082] Wenn jedoch die Abfrage in einem der Schritte 114b und 114c mit "Nein" beantwortet wird, d. h. wenn der Zustand, während dessen die Fördermengen-Stelleinschaltdauer der Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als der vorgegebene Wert A ist, nicht während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert oder wenn der Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor 30 kleiner als der vorgegebene Wert C ist, wird die Zustandsmarke auf "0" gesetzt (Schritt 117).

[0083] Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel wird die vorgegebene Zeitdauer B in Abhängigkeit von der geforderten Einspritzmenge und der Drehzahl Ne des Motors bestimmt und eingestellt. Alternativ kann die vorgegebene Zeitdauer eingestellt werden allein in Abhängigkeit von der geforderten Einspritzmenge oder allein in Abhängigkeit von der Drehzahl Ne.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0084] Das dritte Ausführungsbeispiel wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 11 und 12 erläutert.

[0085] Fig. 11 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Pro-

gramms für die Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel. Dieses Programm ist in einem eingebauten ROM (Speichermittel) der Motorsteuerung 16 gespeichert. Durch Ausführen des Programms gemäß Fig. 11 bestimmt die Motorsteuerung 16 einen geschätzten Kraftstoffdruck DPR aus dem Unterschied zwischen einem Integralwert (Summenwert) ΣQ_p der Fördermenge der Hochdruckpumpe 54 und einem Integralwert (Summenwert) ΣQ_{inj} der Kraftstoffeinspritzmenge. Ferner bestimmt die Motorsteuerung 16 das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein eines unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 auf der Grundlage des Unterschiedsbetrages zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30. Aufgrund dieser Funktion zur Ermittlung eines unnormalen Zustands stellt die Motorsteuerung 16 eine Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung im Sinne der Erfindung dar. Die Prozesse bei dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 11 werden im Folgenden erläutert.

[0086] Nachdem der Zündschalter 66 (siehe Fig. 2) eingeschaltet worden ist, wird das Programm gemäß Fig. 11 wiederholt ausgeführt jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls oder jeweils bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel. Nach dem Aufruf des Programms wird zunächst in Schritt 301 bestimmt, ob ein Anlassvorgang im Gang ist oder nicht. Wenn "Ja", geht das Programm zu Schritt 312 weiter, in dem sowohl der Integralwert ΣQ_p der Fördermenge als auch der Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge auf "0" gesetzt werden, wonach das Programm beendet ist. Auf diese Weise wird während eines Anlassvorgangs aus folgenden Gründen die Unnormal-Zustandsdiagnose verhindert. Während des Anlassvorgangs wird der Kraftstoffdruck von einem niedrigen Wert aus erhöht und ist ferner die Drehzahl des Motors (Drehzahl der Hochdruckpumpe 54) niedrig. Da die Kraftstoffeinspritzmenge (geforderte Einspritzmenge Q_{inj}) verhältnismäßig groß ist, während gleichzeitig die je Zeiteinheit geförderte Kraftstoffmenge noch niedrig ist, schwankt der Kraftstoffdruck (erfasster Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30) während des Anlassvorgangs stark, selbst wenn das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet. Demzufolge wäre die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Unnormal-Zustandsdiagnose unter diesen Bedingungen beeinträchtigt.

[0087] Wenn dagegen der Anlassvorgang nicht im Gang ist, schreitet das Programm von Schritt 301 zu Schritt 302 weiter, in dem bestimmt wird, ob die geforderte Einspritzmenge als Einspritzmengen-Stellwert größer als ein vorgegebener Wert A oder nicht ist.

[0088] Wenn "Ja", schreitet das Programm zu Schritt 312 weiter und werden sowohl der Integralwert ΣQ_p der Fördermenge der Hochdruckpumpe als auch der Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge auf "0" gesetzt, wonach das Programm beendet ist. Dadurch wird in ähnlicher Weise wie während des Anlassvorgangs auch dann, wenn die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} größer als der vorgegebene Wert A ist, die Unnormal-Zustandsdiagnose nicht durchgeführt, und zwar aus folgendem Grund. Wenn die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} größer als der vorgegebene Wert A ist, ist die Kraftstoffeinspritzmenge groß, so dass ggf. die Fehler der Integralwerte ΣQ_p und ΣQ_{inj} groß werden und die Genauigkeit der Schätzung des Kraftstoffdrucks beeinträchtigt würde. Die Abläufe in den Schritten 301, 302 und 312 erfüllen bei der vorliegenden Erfindung die Funktion einer Verhinderungseinrichtung, d. h. einer Einrichtung zur Verhinderung der Unnormal-Zustandsdiagnose.

[0089] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel sind die Ausführungsbedingungen für die Durchführung der Unnormal-

Zustandsdiagnose, (1) dass kein Anlassvorgang im Gang ist ("Nein" in Schritt 301) und (2) dass die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} kleiner als der vorgegebene Wert A ist ("Nein" in Schritt 302). Wenn beide dieser Bedingungen (1) und (2) erfüllt sind, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt und wird die Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Schritt 303 und den darauf folgenden Schritten wie folgt ausgeführt.

[0090] Zunächst wird Schritt 303 der aktuelle Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe 54 addiert zum vorigen Integralwert ΣQ_p der Fördermenge, um auf diese Weise den Integralwert ΣQ_p der Fördermenge zu aktualisieren. In Schritt 304 wird die aktuelle geforderte Einspritzmenge Q_{inj} addiert zum bisherigen Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge, um dadurch den Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge zu aktualisieren. Die Prozesse in den Schritten 303 und 304 erfüllen bei der vorliegenden Erfindung die Funktion einer Integrier- bzw. Summiereinrichtung. Danach schreitet das Programm zu Schritt 305 fort, in dem bestimmt wird, ob der Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge den vorgegebenen Wert B übersteigt oder nicht. Wenn "Nein", ist das Programm beendet, ohne dass die Schritte 306 und die darauf folgenden Schritte ausgeführt werden.

[0091] Immer dann, wenn der Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge den vorgegebenen Wert B übersteigt, wird die Unnormal-Zustandsdiagnose für das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 durch die Prozesse gemäß den Schritten 306 bis 311 in folgender Weise durchgeführt. Zunächst wird in Schritt 306 die Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Fördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet. Im folgenden Schritt 307 wird anhand des Kennfeldes gemäß Fig. 12 in Abhängigkeit von der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Fördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge der geschätzte Kraftstoffdruck DPR berechnet.

[0092] Wenn der Integralwert ΣQ_p der Fördermenge der Pumpe größer wird als der Integralwert ΣQ_{inj} der Kraftstoffeinspritzmenge, bedeutet dies, dass die Gesamtkraftstoffmenge auf der Förderseite der Hochdruckpumpe 54 in der Kraftstoffleitung 45 und der Verteilerleitung 29 zunimmt und demzufolge auch der Kraftstoffdruck zunimmt, sofern die Hochdruckpumpe 54 sich nicht in einem unnormalen Zustand befindet und auch kein anderer unnormaler Zustand wie bspw. ein Kraftstoffleck vorliegt. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes sind die Kennlinien bzw. Kurven des Kennfeldes gemäß Fig. 12 so festgelegt, dass der geschätzte Kraftstoffdruck DPR umso größer wird, je größer die Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge wird (d. h. je mehr der Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge den Integralwert ΣQ_{inj} der Kraftstoffeinspritzmenge übersteigt).

[0093] Nach der Berechnung des geschätzten Kraftstoffdrucks DPR schreitet das Programm zu Schritt 308 fort, in dem sowohl der Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge als auch der Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge auf "0" gesetzt werden. In Schritt 309 wird ermittelt, ob der Absolutwert der Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 in einem vorgegebenen Bereich ($\alpha 1 < |DPR - PR| < \alpha 2$) liegt. Dieser Bereich entspricht dem Schwankungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 zu Normalzeiten. Wenn "Ja", wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet, und schreitet das Programm zu Schritt 311 fort, in dem die Zustandsmarke auf "0" gesetzt wird,

wodurch die Zustandsmarke den normalen Zustand anzeigt. [0094] Wenn jedoch der Absolutwert der Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass sich das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 in einem unnormalen Zustand befindet, und schreitet das Programm zu Schritt 312 fort, in dem die Zustandsmarke auf "1" gesetzt wird und dadurch den unnormalen Zustand anzeigt.

[0095] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel wird der geschätzte Kraftstoffdruck DPR berechnet aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge. Das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein des unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 wird ermittelt anhand der Differenz (Unterschiedsbetrag) zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30. Auf diese Weise wird ein unnormaler Zustand ermittelt, der nicht mittels des herkömmlichen Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahrens ermittelt werden kann. Die Zuverlässigkeit der Unnormal-Zustandsdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 ist somit verbessert.

[0096] Ferner wird bei dem dritten Ausführungsbeispiel dann, wenn ein Anlassvorgang im Gang ist oder wenn die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} groß ist, die Unnormal-Zustandsdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 verhindert bzw. unterbunden. Maßgebend hierfür ist, dass während eines Anlassvorgangs und dann, wenn die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} groß ist, der Ist-Kraftstoffdruck (erfasster Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30) stark schwankt und demzufolge der Fehler der Integralwerte ΣQ_p und ΣQ_{inj} größer wird, so dass die Genauigkeit der Schätzung des Kraftstoffdrucks leiden würde. Demzufolge erfolgt die Unnormal-Zustandsdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 dann, wenn die Genauigkeit der Schätzung des Kraftstoffdrucks hoch ist, so dass vermieden wird, dass die Diagnosegenauigkeit beeinträchtigt wird durch eine verringerte Genauigkeit der Schätzung des Kraftstoffdrucks.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0097] Fig. 13 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Bei Durchführung des Programms gemäß Fig. 13 wird bestimmt, ob die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als ein vorgegebener Wert $\alpha 2$ ist, d. h. ob der geschätzte Kraftstoffdruck DPR um den vorgegebenen Wert $\alpha 2$ oder mehr größer ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30. Wenn dies der Fall ist, wird bestimmt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 ein Kraftstoffleck aufweist. Dies geschieht aus folgendem Grund. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 normal arbeitet, fällt der geschätzte Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, annähernd zusammen mit dem Ist-Kraftstoffdruck. Wenn der geschätzte Kraftstoffdruck DPR um den vorgegebenen Wert $\alpha 2$ (zumindest den Maximalfehler zu Normalzeiten) oder mehr größer als der Ist-Kraftstoffdruck ist, wird ermittelt, dass der Ist-Kraftstoffdruck aus irgendwelchen Gründen wie bspw. wegen eines

Kraftstofflecks unnormal abgesunken ist. Wenn ein Kraftstoffleck auftritt, sinkt die Gesamtkraftstoffmenge in der Kraftstoffleitung 45 und der Verteilerleitung 29 und fällt der Kraftstoffdruck.

[0098] Bei dem Programm gemäß Fig. 13 werden im wesentlichen die gleichen Prozesse wie die gemäß den Schritten 301 bis 308 und 312 des Programms gemäß Fig. 11 durchgeführt, das im Zusammenhang mit dem dritten Ausführungsbeispiel vorstehend erläutert worden ist. Dabei wird ein Rechenprozess zur Schätzung des Kraftstoffdrucks DPR aus der Differenz zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge oder dergleichen durchgeführt.

[0099] Danach schreitet das Programm zu Schritt 321 fort, in dem bestimmt wird, ob die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als der vorgegebene Wert $\alpha 2$ ist oder nicht. Der vorgegebene Wert $\alpha 2$ wird eingestellt auf einen Wert, der dem Maximalwert des Unterschieds zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR zu Normalzeiten entspricht oder etwas größer als dieser Maximalwert ist. Dabei wird der Maximalwert festgelegt unter Berücksichtigung eines Schätzfehlers des geschätzten Kraftstoffdrucks DPR und eines Messfehlers des erfassten Kraftstoffdrucks PR. Wenn die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR gleich oder kleiner als der vorgegebene Wert $\alpha 2$ ist, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 kein Kraftstoffleck aufweist, und schreitet das Programm zu Schritt 323 fort, in dem eine Leckmarke auf "0" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass kein Kraftstoffleck vorhanden ist.

[0100] Wenn jedoch die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als der vorgegebene Wert $\alpha 2$ ist, wird festgestellt bzw. diagnostiziert, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 ein Kraftstoffleck aufweist, und schreitet das Programm fort zu Schritt 322, in dem die Leckmarke auf "1" gesetzt wird, wodurch das Vorhandensein eines Kraftstofflecks angezeigt wird.

[0101] Das Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahren gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel wird im Folgenden anhand der Zeitdiagramme gemäß den Fig. 14A und 14B weiterhin erläutert. Fig. 14A zeigt das Verhalten zu Normalzeiten für den Fall, dass die geforderte Kraftstoffmenge Q_{inj} auf einen im wesentlichen konstanten Wert gesteuert wird. Fig. 14B zeigt das Verhalten beim Betrieb mit Kraftstoffleck ebenfalls für den Fall, dass die geforderte Kraftstoffmenge Q_{inj} auf einen im wesentlichen konstanten Wert gesteuert wird. Während des Betriebes des Motors werden die Fördermengen-Stellwerte Q_p der Hochdruckpumpe 54 und auch die geforderten Einspritzmengen Q_{inj} in vorbestimmten Zeitintervallen aufsummiert. Immer dann, wenn der Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmengen den vorbestimmten Wert B übersteigt, wird der geschätzte Kraftstoffdruck DPR berechnet aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge. In Abhängigkeit davon, ob die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als der vorgegebene Wert $\alpha 2$ ist oder nicht, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass im Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 ein Leck vorhanden ist bzw. nicht vorhanden ist.

[0102] Wenn bei normal arbeitendem Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 (siehe Fig. 14A) die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} praktisch konstant ist und der erfasste

Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 im wesentlichen übereinstimmt mit dem Soll-Kraftstoffdruck F, ist der Fördermengen-Stellwert Qp der Hochdruckpumpe 54 praktisch konstant. Dies hat zur Folge, dass die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 vermindert ist bzw. niedrig ist. Daher wird ermittelt, dass kein Kraftstoffleck vorhanden ist, und wird die Leckmarke auf "0" gehalten, so dass sie anzeigt, dass kein Kraftstoffleck existiert.

[0103] Wenn jedoch im Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 ein Kraftstoffleck vorhanden ist, sinkt der Ist-Kraftstoffdruck (erfasster Kraftstoffdruck PR) aufgrund des Kraftstofflecks, obwohl die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} praktisch konstant bleibt, wie dies in Fig. 14B gezeigt ist. Demzufolge wird der Fördermengen-Stellwert Qp der Hochdruckpumpe 54 erhöht, um den Ist-Kraftstoffdruck zu erhöhen. Dies hat zur Folge, dass dann, wenn ein Kraftstoffleck vorhanden ist, der Integralwert ΣQ_p der Fördermenge größer wird als zu Normalzeiten, so dass der geschätzte Kraftstoffdruck DPR dann, wenn das Kraftstoffleck vorhanden ist, größer als zu Normalzeiten wird. Daher wird die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als der vorgegebene Wert $\alpha 2$. Demzufolge wird bestimmt bzw. diagnostiziert, dass ein Kraftstoffleck vorhanden ist. Die Leckmarke wird auf "1" gesetzt und zeigt dadurch das Vorhandensein des Kraftstofflecks an.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0104] Im Folgenden wird ein fünftes Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Fig. 15 bis 19 erläutert. Die Besonderheit des fünften Ausführungsbeispiels liegt darin, dass dann, wenn das Ist-LKV (Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis) vom Soll-LKV (Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis) zur fetten Seite (in Richtung eines fetteren Gemischs) abweicht, während der geschätzte Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, um den vorgegebenen Wert $\alpha 2$ oder mehr höher ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30, ermittelt bzw. diagnostiziert wird, dass das Ausgangssignal (erfasster Kraftstoffdruck PR) des Drucksensors 30 unnormal abgesunken ist. Diese Ermittlung bzw. Diagnose beruht auf folgenden Gründen.

[0105] Die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} wird unter der Bedingung festgelegt, dass der Ist-Kraftstoffdruck auf den Soll-Kraftstoffdruck gesteuert wird. Wenn der Ist-Kraftstoffdruck sinkt, wird die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge in entsprechendem Ausmaß vermindert, so dass normalerweise das Ist-LKV zur mageren Seite vom Soll-LKV abweicht. Wenn das Ist-LKV zur fetten Seite von dem Soll-LKV abweicht, obwohl sich aus der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 ergeben würde, dass der Kraftstoffdruck gefallen ist, so bedeutet dies, dass in Wahrheit der Ist-Kraftstoffdruck gestiegen ist. Eine solche Situation zeigt einen Zustand an, bei dem ein Anstieg des tatsächlichen Kraftstoffdrucks nicht erfasst bzw. festgestellt werden kann, d. h. bei dem ein unnormaler Abfall des Ausgangssignals (erfasster Kraftstoffdruck PR) des Drucksensors 30 aufgetreten ist. Wenn das Ist-LKV vom Soll-LKV zur fetten Seite abweicht, obwohl die Schätzung aufgrund der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am

Drucksensor 30 ergibt, dass der Ist-Kraftstoffdruck gefallen sein müsste, kann daher ermittelt bzw. diagnostiziert werden, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 einen unnormalen Abfall aufweist.

[0106] Bei dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 15, das bei dem fünften Ausführungsbeispiel ausgeführt wird, werden im wesentlichen die gleichen Prozesse wie die gemäß den Schritten 301 bis 308 und 312 des Programms gemäß Fig. 11 durchgeführt, die im Zusammenhang mit dem dritten Ausführungsbeispiel bereits erläutert worden sind. Es wird ein Rechenprozess zur Schätzung des Kraftstoffdrucks DPR aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge oder dergleichen durchgeführt.

[0107] Danach wird in den Schritten 331 und 332 ermittelt, ob das Ist-LKV vom Soll-LKV deutlich zur fetten Seite abweicht, obwohl aufgrund der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck sinkt. Zunächst wird in Schritt 331 bestimmt, ob auf ein Sinken des tatsächlichen Kraftstoffdrucks geschlossen wird, und zwar in Abhängigkeit davon, ob die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als der vorgegebene Wert $\alpha 2$ ist oder nicht. Dabei wird der vorgegebene Wert $\alpha 2$ eingestellt auf einen Wert, der einem Maximalwert des Unterschieds zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR zu Normalzeiten und dem erfassten Kraftstoffdruck PR entspricht oder etwas größer als dieser Maximalwert ist. Dadurch werden der Schätzfehler des geschätzten Kraftstoffdrucks DPR und der Messfehler des erfassten Kraftstoffdrucks PR berücksichtigt. Wenn die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR gleich dem vorgegebenen Wert $\alpha 2$ oder kleiner ist (wenn geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck nicht sinkt), wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 keinen unnormalen Abfall aufweist, und schreitet das Programm zu Schritt 334 vor, in dem eine Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird.

[0108] Wenn jedoch die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 größer als der vorgegebene Wert $\alpha 2$ ist (wenn geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck sinkt), schreitet das Programm zu Schritt 332 fort, in dem bestimmt wird, ob das Ist-LKV, das mittels eines LKV-Sensors (oder eines Sauerstoffsensors) erfasst wird, der stromauf des Dreiwegkatalysators 38 in der Abgasleitung 37 angeordnet ist, deutlich zur fetten Seite abweicht vom Soll-LKV. Wenn der Unterschied zwischen dem Ist-LKV und dem Soll-LKV kleiner als der vorgegebene Wert $\beta 1$ ist (wenn das Ist-LKV vom Soll-LKV deutlich zur fetten Seite abweicht), wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 einen unnormalen Abfall aufweist. Das Programm geht zu Schritt 333 weiter, in dem die Drucksensormarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 einen unnormalen Abfall aufweist. Wenn die Abfrage in Schritt 332 "Nein" ergibt, schreitet das Programm zu Schritt 334 fort, in dem die Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird.

[0109] Fig. 16 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Berechnung des Soll-LKV. Das Programm gemäß Fig. 16 wird während des Motorbetriebes wiederholt begonnen jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls oder bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel. Wenn das Programm begonnen wird, werden zunächst in Schritt

401 die aktuelle Drehzahl N_e des Motors und das geforderte Drehmoment eingelesen. Im folgenden Schritt 402 wird in Abhängigkeit von der aktuellen Drehzahl N_e und dem geforderten Drehmoment unter Verwendung eines Kennfeldes oder dergleichen das Soll-LKV berechnet.

[0110] Fig. 17 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Berechnung der Einspritzperiode. Das Programm gemäß Fig. 17 wird während des Motorbetriebes wiederholt begonnen jeweils nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls oder bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel. Wenn das Programm begonnen wird, wird zunächst in Schritt 401 der aktuelle erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 eingelesen. Im folgenden Schritt 502 wird die aktuelle geforderte Einspritzmenge Q_{inj} eingelesen. Danach wird in Schritt 503 ein Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor KP für die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} anhand des Kennfeldes gemäß Fig. 18 berechnet. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass dann, wenn die Einspritzperiode gleich ist, die tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge umso größer ist, je höher der tatsächliche Kraftstoffdruck wird, ist die Kennlinie des Kennfeldes gemäß Fig. 18 so festgelegt, dass der Korrekturfaktor KP gleich $(\text{Soll-Kraftstoffdruck/erfasster Kraftstoffdruck PR})^{1/2}$ ist. Wenn der erfasste Kraftstoffdruck PR mit dem Soll-Kraftstoffdruck zusammenfällt, ist der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor KP gleich 1. Mit steigendem erfasstem Kraftstoffdruck PR wird der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor KP kleiner.

[0111] Nach Berechnung des Kraftstoffdruck-Korrekturfaktors KP schreitet das Programm zu Schritt 504 fort, in dem eine Umwandlungskonstante zur Umwandlung der Kraftstoffeinspritzmenge in eine Einspritzdauer, eine Leereinspritzdauer und der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor KP in die folgende Gleichung eingesetzt werden, wodurch die Einspritzperiode TAU (Einspritzimpulsdauer) berechnet wird:

$$\text{TAU} = (Q_{inj} \cdot \text{Umwandlungskonstante} + \text{Leereinspritzdauer}) \cdot \text{KP}.$$

[0112] Unter Bezugnahme auf das Zeitdiagramm gemäß Fig. 19 wird im Folgenden ein Beispiel des Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahrens gemäß dem fünften Ausführungsbeispiels erläutert. Fig. 15 zeigt das Verhalten für den Fall, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 vorübergehend unnormal abfällt, während die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} auf einen praktisch konstanten Wert gesteuert wird. Wenn das Ausgangssignal (erfasster Kraftstoffdruck PR) des Drucksensors 30 unnormal abfällt, bestimmt die Motorsteuerung 16 fälschlicherweise, dass der Ist-Kraftstoffdruck unter den Soll-Kraftstoffdruck fällt, und erhöht dementsprechend den Fördermengen-Stellwert Q_p der Hochdruckpumpe 54. Dies hat offensichtlich zur Folge, dass der Ist-Kraftstoffdruck höher als der Soll-Kraftstoffdruck wird. Da jedoch die Motorsteuerung 16 aufgrund des Abfalls des Ausgangssignals des Drucksensors 30 fälschlicherweise bestimmt, dass der Ist-Kraftstoffdruck niedriger als der Soll-Kraftstoffdruck ist, vergrößert die Motorsteuerung 16 die Einspritzperiode TAU, indem sie den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor KP erhöht. Obwohl der Ist-Kraftstoffdruck in Wahrheit höher als der Soll-Kraftstoffdruck ist, wird somit die Einspritzperiode im Sinne einer Verlängerung korrigiert. Demzufolge nimmt die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge zu und weicht das Ist-LKV deutlich zur fetten Seite vom Soll-LKV ab.

[0113] Demzufolge wird bei dem fünften Ausführungsbeispiel dann, wenn das Ist-LKV vom Soll-LKV zur fetten Seite abweicht, obwohl aus der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraft-

stoffdruck PR am Drucksensor 30 geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck gesunken ist, ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 unnormal abgefallen ist.

Sechstes Ausführungsbeispiel

[0114] Im Folgenden wird ein sechstes Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Fig. 20 und 21 erläutert.

[0115] Die Besonderheit des sechsten Ausführungsbeispiels besteht darin, dass dann, wenn das Ist-LKV vom Soll-LKV zur mageren Seite abweicht, während zugleich der geschätzte Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, um einen vorgegebenen Wert $\alpha 3$ oder mehr niedriger ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30, ermittelt bzw. diagnostiziert wird, dass das Ausgangssignal (erfasster Kraftstoffdruck PR) des Drucksensors 30 einen unnormalen Anstieg aufweist. Dies geschieht aus folgendem Grund. Die Motorsteuerung 16 vermutet (schätzt), dass der Ist-Kraftstoffdruck gestiegen ist, wenn der geschätzte Kraftstoffdruck DPR um den vorgegebenen Wert $\alpha 3$ oder mehr niedriger ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30. Die Abweichung des Ist-LKV, also des tatsächlichen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, vom Soll-LKV bedeutet jedoch, dass in Wahrheit der Ist-Kraftstoffdruck gesunken ist. Eine solche Situation kennzeichnet einen Zustand, bei dem ein Absinken des Ist-Kraftstoffdrucks nicht erfasst werden kann, d. h. bei dem ein unnormaler Anstieg des Ausgangssignals (erfasster Kraftstoffdruck PR) des Drucksensors 30 vorliegt. Wenn das Ist-LKV zur mageren Seite vom Soll-LKV abweicht, obwohl aufgrund der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck steigt, kann daher ermittelt bzw. diagnostiziert werden, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 einen unnormalen Anstieg aufweist.

[0116] In dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 20, das bei dem sechsten Ausführungsbeispiel ausgeführt wird, werden praktisch die gleichen Prozesse wie die gemäß den Schritten 301 bis 308 und 312 des Programms gemäß Fig. 11 durchgeführt, das vorstehend im Zusammenhang mit dem dritten Ausführungsbeispiel erläutert worden ist. Es wird ein Rechenprozess zur Berechnung des geschätzten Kraftstoffdrucks DPR aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge oder dergleichen durchgeführt.

[0117] Danach wird in den Schritten 341 und 342 bestimmt, ob das Ist-LKV vom Soll-LKV deutlich zur mageren Seite abweicht, obwohl aufgrund der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 geschätzt bzw. vermutet wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck gestiegen ist. Dabei wird in Schritt 341 geprüft, ob geschätzt wird, dass ein Anstieg des Ist-Kraftstoffdrucks vorliegt. Dies hängt davon ab, ob die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 kleiner ist als der vorgegebene Wert $\alpha 3$ oder nicht. Dabei wird der vorgegebene Wert $\alpha 3$ eingestellt auf einen Wert, der dem Maximalwert des Unterschieds zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR zu Normalzeiten entspricht oder etwas größer als dieser Maximalwert ist. Dadurch werden ein Schätzfehler des geschätzten Kraftstoffdrucks DPR und ein Mess- bzw. Erfassungsfehler des erfassten Kraft-

stoffdrucks PR berücksichtigt. Wenn der Unterschied zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR gleich oder größer als der vorgegebene Wert $\alpha 3$ ist (wenn geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck nicht ansteigt), wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 keinen unnormalen Anstieg aufweist, und schreitet das Programm zu Schritt 344 weiter, in dem eine Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass das Ausgangssignal des Drucksensors keinen unnormalen Anstieg aufweist.

[0118] Wenn jedoch die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 kleiner als der vorbestimmte Wert $\alpha 3$ ist (wenn geschätzt bzw. vermutet wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck steigt), schreitet das Programm zu Schritt 342 fort, in dem bestimmt wird, ob das Ist-LKV deutlich zur mageren Seite abweicht vom Soll-LKV. Dazu wird bestimmt, ob der Unterschied zwischen dem Ist-LKV, das mittels eines LKV-Sensors (oder Sauerstoffsensors) erfasst wird, der stromauf des Dreiwegekatalysators 38 in der Abgasleitung 37 angeordnet ist, und dem Soll-LKV größer als ein vorbestimmter Wert $\beta 2$ ist. Wenn der Unterschied zwischen dem Ist-LKV und dem Soll-LKV größer als der vorbestimmte Wert $\beta 2$ ist (wenn das Ist-LKV deutlich zur mageren Seite vom Soll-LKV abweicht), wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 einen unnormalen Anstieg aufweist. Das Programm schreitet zu Schritt 343 fort, in dem die Drucksensormarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass das Ausgangssignal des Drucksensors einen unnormalen Anstieg aufweist.

[0119] Wenn in Schritt 342 die Antwort "Nein" ist, schreitet das Programm zu Schritt 344 fort, in dem die Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass das Ausgangssignal des Drucksensors keinen unnormalen Anstieg aufweist.

[0120] Unter Verwendung des Zeitdiagramms gemäß Fig. 21 wird im Folgenden das Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahren gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel weiter erläutert. Fig. 21 zeigt das Verhalten für den Fall, dass das Ausgangssignal des Drucksensors 30 zeitweilig unnormal ansteigt, während die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} auf einen praktisch konstanten Wert gesteuert wird. Wenn das Ausgangssignal (erfasster Kraftstoffdruck PR) des Drucksensors 30 unnormal ansteigt, ermittelt die Motorsteuerung 16 fälschlicherweise, dass der Ist-Kraftstoffdruck den Soll-Kraftstoffdruck übersteigt, und verringert daher den Fördermengen-Stellwert Q_p an der Hochdruckpumpe 54. Dies hat offensichtlich zur Folge, dass der Ist-Kraftstoff niedriger als der Soll-Kraftstoffdruck wird. Da die Motorsteuerung 16 aufgrund des Anstiegs des Ausgangssignals des Drucksensors 30 fälschlicherweise ermittelt, dass der Ist-Kraftstoffdruck größer als der Soll-Kraftstoffdruck ist, verkürzt die Motorsteuerung 16 die Einspritzperiode TAU, indem sie den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor KP vermindert. Obwohl der Ist-Kraftstoffdruck tatsächlich niedriger als der Soll-Kraftstoffdruck ist, wird somit die Einspritzperiode TAU im Sinne einer Verkürzung korrigiert, was zur Folge hat, dass die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge vermindert wird und dass das Ist-LKV stark zur mageren Seite von dem Soll-LKV abweicht. Daher wird bei dem sechsten Ausführungsbeispiel dann, wenn das Ist-LKV vom Soll-LKV zur mageren Seite abweicht, obwohl die Schätzung aufgrund der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 ergibt, dass der Ist-Kraftstoffdruck (angeblich) steigt, ermittelt bzw. diagnostiziert, dass im Ausgangssignal des Drucksensors 30 ein unnormaler Anstieg vorhanden ist.

Siebtes Ausführungsbeispiel

[0121] Im Folgenden wird ein siebtes Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Fig. 22 und 23 erläutert. Das siebte Ausführungsbeispiel weist die Besonderheit auf, dass dann, wenn das Ausmaß einer Drehmomentschwankung des Motors 11 gleich oder größer als ein vorgegebener Wert γ ist, während der geschätzte Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, um einen vorgegebenen Wert $\alpha 3$ oder mehr niedriger ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30, ermittelt bzw. diagnostiziert wird, dass das Einspritzventil 28 sich in einem unnormalen Zustand befindet. Dies geschieht aus folgenden Gründen.

[0122] Wenn der geschätzte Kraftstoffdruck DPR um den vorgegebenen Wert $\alpha 3$ oder mehr niedriger ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30, wird vermutet bzw. geschätzt, dass der Ist-Kraftstoffdruck steigt. Als eine der Ursachen für einen Anstieg des tatsächlichen Kraftstoffdrucks kann angesehen werden, dass die tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge aufgrund eines Versagens oder Fehlers des Einspritzventils 28 kleiner ist als die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} . Wenn das Einspritzventil 28, das einem der Zylinder zugeordnet ist, unnormal arbeitet, tritt das Phänomen auf, dass das Ausmaß der Drehmomentschwankung des Motors 11 zunimmt. Wenn das Ausmaß der Drehmomentschwankung groß ist, während aufgrund der Beziehung zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck steigt, kann somit ermittelt bzw. diagnostiziert werden, dass sich das Einspritzventil 28 in einem unnormalen Zustand befindet.

[0123] Fig. 22 zeigt ein Ablaufdiagramm für das Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel. Gemäß diesem Programm werden praktisch die gleichen Prozesse wie in den Schritten 301 bis 308 und 312 ausgeführt, die bei dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel anhand der Fig. 11 erläutert worden sind. Es wird ein Rechenprozess zur Berechnung des geschätzten Kraftstoffdrucks DPR aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge oder dergleichen durchgeführt.

[0124] Danach wird in Schritt 351 bestimmt, ob ein Anstieg des Ist-Kraftstoffdrucks geschätzt bzw. vermutet wird, indem ermittelt wird, ob die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 kleiner als der vorgegebene Wert $\alpha 3$ ist oder nicht. Wenn die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR gleich oder größer als der vorgegebene Wert $\alpha 3$ ist (wenn geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck nicht ansteigt), wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass am Einspritzventil 28 kein unnormaler Zustand vorliegt. Das Programm schreitet fort zu Schritt 354, in dem eine Einspritzventilmärke auf "0" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass das Einspritzventil nicht unnormal arbeitet.

[0125] Wenn jedoch die Differenz zwischen dem geschätzten Kraftstoffdruck DPR und dem erfassten Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 kleiner als der vorgegebene Wert $\alpha 3$ ist (wenn geschätzt wird, dass der Ist-Kraftstoffdruck steigt), schreitet das Programm zu Schritt 352 fort, in dem bestimmt wird, ob das Ausmaß der Drehmomentschwankung des Motors 11 größer als der vorgegebene Wert γ ist. Wenn das Ausmaß der Drehmomentschwankung

des Motors 11 größer als der vorgegebene Wert γ ist, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass das Einspritzventil 28 unnormal arbeitet. Das Programm schreitet zu Schritt 353 fort, in dem die Einspritzventilmarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass das Einspritzventil unnormal arbeitet.

[0126] Wenn jedoch in Schritt 352 bestimmt wird, dass das Ausmaß der Drehmomentschwankung gleich oder kleiner als der vorgegebene Wert γ ist, schreitet das Programm fort zu Schritt 354, in dem die Einspritzventilmarke auf "0" gesetzt wird.

[0127] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf das Zeitdiagramm gemäß Fig. 23 das Unnormal-Zustandsdiagnoseverfahren gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel weiter erläutert. Fig. 23 zeigt das Verhalten für den Fall, dass das Einspritzventil 28 eines der Zylinder unnormal arbeitet (Kraftstoff nicht einspritzen kann), während die geforderte Einspritzmenge Q_{inj} im wesentlichen auf einen konstanten Wert gesteuert wird. Wenn das Einspritzventil 28 eines der Zylinder in einen unnormalen Zustand übergeht und demzufolge keinen Kraftstoff einspritzt, steigt der Ist-Kraftstoffdruck (erfasster Kraftstoffdruck PR) kurzzeitig bei jeder Einspritzperiode des Zylinders an, dessen Einspritzventil 28 unnormal arbeitet. Dementsprechend wird der Fördermengen-Stellwert Q_p der Hochdruckpumpe 54 kurzzeitig jedesmal dann verringert, wenn der Ist-Kraftstoffdruck (erfasster Kraftstoffdruck PR) ansteigt. Dies hat zur Folge, dass der Integralwert ΣQ_p der Fördermenge im Vergleich zum Integralwert zu Normalzeiten absinkt und dass der geschätzte Kraftstoffdruck DPR, der aus der Differenz DQ zwischen dem Integralwert ΣQ_p der Pumpenfördermenge und dem Integralwert ΣQ_{inj} der geforderten Einspritzmenge berechnet wird, unter den Soll-Kraftstoffdruck F sinkt. Daher wird der geschätzte Kraftstoffdruck DPR um den vorgegebenen Wert $\alpha 3$ oder mehr niedriger als der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 und wird das Ausmaß der Drehmomentschwankung des Motors 11 größer als der vorgegebene Wert γ , so dass ermittelt bzw. diagnostiziert wird, dass das Einspritzventil 28 unnormal arbeitet.

Achtes Ausführungsbeispiel

[0128] Das Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß einem achten Ausführungsbeispiel ist in Fig. 24 gezeigt. Gemäß diesem Programm wird dann, wenn der Motor 11 angelassen wird, nachdem seine Stillstandszeit gleich oder größer als eine vorgegebene Zeit C war, und wenn der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 außerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt, ermittelt bzw. diagnostiziert wird, dass der Drucksensor 30 unnormal arbeitet. Während der Motor stillsteht, steht auch die Hochdruckpumpe 54 still. Dabei kann der Kraftstoffdruck auf der Förderseite der Hochdruckpumpe 54 in der Kraftstoffleitung 45 und der Verteilerleitung 29 nicht hoch gehalten werden. Demzufolge sinkt der Kraftstoffdruck im Laufe der Stillstandszeit. Daher fällt der Kraftstoffdruck auf einen Wert nahe dem atmosphärischen Druck, wenn die Stillstandszeit des Motors ein gewisses Ausmaß übersteigt. Wenn der Motor dann in diesem Zustand angelassen wird, steigt der Kraftstoffdruck während des Anlassens von einem Wert nahe dem atmosphärischen Druck aus an. Wenn in dieser Situation während des Anlassens der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 außerhalb des vorbestimmten Bereichs um den atmosphärischen Druck herum liegt, kann ermittelt bzw. diagnostiziert werden, dass der Drucksensor 30 unnormal arbeitet.

[0129] In dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 24, das bei dem achten Ausführungsbeispiel

ausgeführt wird, wird zunächst in den Schritten 601 und 602 bestimmt, ob die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt sind. Die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose sind, (1) dass ein Anlassvorgang im Gang ist (Schritt 601) und (2) dass die Stillstandszeit des Motors vor dem Anlassen die vorgegebene Zeit C übersteigt (Schritt 602). Wenn auch nur eine der zwei Bedingungen (1) und (2) nicht erfüllt ist, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose nicht erfüllt und wird das Programm beendet, ohne dass die im Folgenden erläuterten Prozesse ausgeführt werden.

[0130] Wenn jedoch beide Bedingungen (1) und (2) erfüllt sind, sind die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt und schreitet das Programm zu Schritt 603 fort, in dem der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 eingelesen wird. Im folgenden Schritt 601 wird bestimmt, ob der erfasste Kraftstoffdruck PR in einem vorgegebenen Bereich ($\omega 1 < PR < \omega 2$) liegt oder nicht. Wenn "Ja", wird ermittelt, dass der Drucksensor 30 normal arbeitet, und schreitet das Programm zu Schritt 606 fort, in dem eine Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird. Wenn "Nein", wird ermittelt, dass der Drucksensor 30 unnormal arbeitet, und schreitet das Programm zu Schritt 605 fort, in dem die Drucksensormarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass der Drucksensor unnormal arbeitet.

Neuntes Ausführungsbeispiel

[0131] Da bei dem achten Ausführungsbeispiel die Stillstandszeit des Motors mittels eines Zeitgebers oder dergleichen gemessen werden muss, muss zum Betreiben des Zeitgebers oder dergleichen Energie zugeführt werden, während der Motor stillsteht.

[0132] Um die Messung der Stillstandszeit des Motors unnötig zu machen, kann gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel das Programm gemäß Fig. 25 zur Unnormal-Zustandsdiagnose durchgeführt werden. Bei diesem Programm wird auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Kühlwassertemperatur $THWO$ zum Zeitpunkt des letzten Abstellens des Motors und einer Kühlwassertemperatur THW zum Zeitpunkt des aktuellen Anlassens bestimmt, ob die Stillstandszeit des Motors gleich oder größer als eine vorgegebene Zeit ist. Während des Motorstillstands sinkt die Kühlwassertemperatur im Laufe der Zeit aufgrund von Wärmeableitung. Auf der Grundlage der Differenz zwischen der Kühlwassertemperatur $THWO$ beim letzten Abstellen des Motors und der Kühlwassertemperatur THW beim aktuellen Anlassen kann somit ohne Messung der Stillstandszeit des Motors mittels eines Zeitgebers bestimmt bzw. diagnostiziert werden, ob die Stillstandszeit des Motors gleich oder größer als die vorgegebene Zeit ist.

[0133] Bei dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 25 wird zunächst in den Schritten 701 bis 703 bestimmt, ob die Ausführungsbedingungen für die Unnormal-Zustandsdiagnose erfüllt sind. Dabei wird in Schritt 701 bestimmt, ob ein Anlassvorgang im Gang ist oder nicht. Wenn "Ja", schreitet das Programm zu Schritt 702 fort, in dem die Kühlwassertemperatur $THWO$ beim letzten Abstellen des Motors eingelesen wird. Diese Kühlwassertemperatur $THWO$ wird in einem Sicherungs-RAM der Motorsteuerung 16 gespeichert. In Schritt 703 wird bestimmt, ob die Differenz ($THW - THWO$) zwischen der Kühlwassertemperatur THW beim aktuellen Anlassvorgang und der Kühlwassertemperatur $THWO$ beim letzten Abstellen des Motors kleiner als eine vorgegebene Temperaturdifferenz $D1$ (negativer Wert) ist oder nicht. Wenn die Differenz gleich oder größer als die vorgegebene Temperaturdifferenz $D1$ ist,

wird ermittelt, dass die Stillstandszeit des Motors kürzer als die vorgegebene Zeit ist, und endet das Programm, ohne dass die folgenden Prozesse ausgeführt werden. Wenn jedoch die Differenz (THW - THWO) zwischen der Kühlwassertemperatur THW beim aktuellen Anlassen und der Kühlwassertemperatur THWO beim letzten Abstellen des Motors kleiner als die vorgegebene Temperaturdifferenz D1 ist, wird bestimmt, dass die Stillstandszeit des Motors gleich oder größer als die vorgegebene Zeit ist, und schreitet das Programm zu Schritt 704 fort, in dem der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 eingelesen wird. Im folgenden Schritt 705 wird bestimmt, ob der erfasste Kraftstoffdruck PR in dem vorbestimmten Bereich ($\omega 1 < PR < \omega 2$) liegt oder nicht. Wenn "Ja", wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass der Drucksensor 30 normal arbeitet, und schreitet das Programm zu Schritt 707 fort, in dem eine Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass der Drucksensor normal arbeitet.

[0134] Wenn im Schritt 705 die Antwort "Nein" ist, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass der Drucksensor 30 unnormal arbeitet, und schreitet das Programm zu Schritt 706 fort, in dem die Drucksensormarke auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass der Drucksensor unnormal arbeitet.

Zehntes Ausführungsbeispiel

[0135] Fig. 26 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Programms zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel.

[0136] Mittels dieses Programms wird in Abhängigkeit davon, ob der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 zum Zeitpunkt des aktuellen Anlassvorgangs um mehr als ein vorgegebener Wert C1 größer ist als ein erfasster Kraftstoffdruck PRO zum Zeitpunkt des letzten Abstellens des Motors, ermittelt bzw. diagnostiziert, ob der Drucksensor 30 normal oder unnormal arbeitet. Da der tatsächliche Kraftstoffdruck während der Stillstandszeit des Motors im Laufe der Zeit sinkt, kann der tatsächliche Kraftstoffdruck beim Anlassen nicht höher sein als der tatsächliche Kraftstoffdruck beim letzten Abstellen des Motors. Wenn der erfasste Kraftstoffdruck PR beim aktuellen Anlassvorgang um mehr als ein vorgegebener Wert C1 (zumindest den Erfassungs- bzw. Messfehler) größer ist als der erfasste Kraftstoffdruck PR beim letzten Abstellen des Motors, kann daraus geschlossen und demzufolge ermittelt werden, dass der Drucksensor 30 unnormal arbeitet.

[0137] Bei dem Programm zur Unnormal-Zustandsdiagnose gemäß Fig. 26 wird in Schritt 801 bestimmt, ob ein Anlassvorgang im Gang ist oder nicht. Wenn "Nein", wird das Programm beendet, ohne dass die folgenden Prozesse ausgeführt werden. Wenn "Ja", schreitet das Programm zu Schritt 802 fort, in dem der erfasste Kraftstoffdruck PRO am Drucksensor 30 beim letzten Abstellen des Motors eingelesen wird. Dieser erfasste Kraftstoffdruck PRO ist im Sicherungs-RAM der Motorsteuerung 16 gespeichert. In Schritt 803 wird bestimmt, ob eine Differenz (PR - PRO) zwischen dem erfassten Kraftstoffdruck PR beim aktuellen Anlassvorgang und dem erfassten Kraftstoffdruck PRO beim letzten Abstellen des Motors größer als der vorgegebene Wert C1 ist oder nicht. Wenn die Druckdifferenz (PR - PRO) größer als der vorgegebene Wert C1 ist, d. h. wenn der erfasste Kraftstoffdruck PR am Drucksensor 30 beim aktuellen Anlassvorgang um mehr als den vorgegebenen Wert C1 höher ist als der erfasste Kraftstoffdruck PRO beim letzten Abstellen des Motors, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass der Drucksensor 30 unnormal arbeitet und schreitet das Programm zu Schritt 604 fort, in dem eine Drucksensormarke

auf "1" gesetzt wird, wodurch angezeigt wird, dass der Drucksensor unnormal arbeitet.

[0138] Wenn jedoch die Druckdifferenz (PR - PRO) gleich oder kleiner als der vorgegebene Wert C1 ist, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass der Drucksensor 30 normal arbeitet, und schreitet das Programm zu Schritt 805 fort, in dem die Drucksensormarke auf "0" gesetzt wird.

[0139] Die vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiele 3 bis 10 können auf geeignete Weise kombiniert werden und kombiniert ausgeführt werden.

[0140] Es wird überwacht, ob während des Betriebs eines Motors ein Zustand, während dessen ein Fördermengen-Stellwert einer Hochdruckpumpe 54 gleich oder größer als ein vorgegebener Wert A ist, während einer vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert. Wenn der Zustand, während dessen der Fördermengen-Stellwert gleich oder größer als der gegebene Wert A ist, während der vorgegebenen Zeitdauer B oder länger andauert, wird ermittelt bzw. diagnostiziert, dass ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem 50 unnormal arbeitet. Auf diese Weise wird der unnormale Zustand selbst dann ermittelt, wenn im unnormalen Zustand der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe 54 den Maximalwert im Normalbereich nicht übersteigt. Selbst wenn das Ausgangssignal eines Drucksensors 30 aufgrund von Störungen, Rauschen oder dergleichen kurzzeitig einen unnormalen Wert annimmt, wird vermieden, dass dies fälschlicher Weise als unnormaler Zustand des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems 50 ermittelt wird. Dabei wird die vorgegebene Zeitdauer vorzugsweise so festgesetzt, dass sie länger als eine Ansprech-Verzögerungszeit ist, die bei der Kraftstoffdrucksteuerung zu Normalzeiten auftritt, wenn der Soll-Kraftstoffdruck ansteigt (d. h. Zeitdauer, die dazu erforderlich ist, dass der tatsächliche Kraftstoffdruck auf einen Wert nahe dem Soll-Kraftstoffdruck ansteigt).

Patentansprüche

1. Diagnosevorrichtung zur Ermittlung eines unnormalen Zustands für ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem (50) einer Brennkraftmaschine, **gekennzeichnet durch:**

eine Hochdruckpumpe (54), die dazu dient, aus einem Kraftstofftank (51) gepumpten Kraftstoff unter Druck zu setzen und den Kraftstoff unter Druck einem Einspritzventil (28) zuzuführen;

einen Drucksensor (30) zum Erfassen des Kraftstoffdrucks auf der Förderseite der Hochdruckpumpe (54);

eine Kraftstoffdruck-Steuer Einrichtung (16), die dazu dient, die Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) derart zu regeln, dass der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck zusammenfällt mit einem Soll-Kraftstoffdruck; und

eine Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16), die ermittelt, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem (50) unnormal arbeitet, wenn ein Zustand, während dessen ein Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe (54) gleich oder größer als ein vorgegebener Wert ist, während einer vorgegebenen Zeitdauer oder länger andauert.

2. Diagnosevorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Verhinderungseinrichtung (101, 102, 104), die die Unnormal-Zustandsdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems (50) mittels der Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) verhindert, während die Brennkraftmaschine angelassen wird und/oder während ein Betriebszustand andauert, bei dem der Einspritzmengen-Stellwert gleich oder größer als ein vorgegebener Wert ist.

3. Diagnosevorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Wert, mit dem der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe (54) verglichen wird, auf einen Wert festgesetzt ist, der kleiner als ein Maximalwert des Fördermengen-Stellwerts zu Normalzeiten ist.
4. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) die vorgegebene Zeitdauer auf eine Zeitdauer einstellt, die länger ist als eine Ansprech-Verzögerungszeit bei der Erhöhung des Soll-Kraftstoffdrucks während der Kraftstoffdrucksteuerung zu Normalzeiten.
5. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnosevorrichtung (16) die vorgegebene Zeitdauer in Abhängigkeit von dem Einspritzmengen-Stellwert ändert.
6. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) ermittelt, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem (50) unnormal arbeitet, wenn ein Zustand, während dessen der Fördermengen-Stellwert der Hochdruckpumpe (54) gleich oder größer als der vorgegebene Wert ist, während der vorgegebenen Zeitdauer oder länger andauert und wenn ein Unterschied zwischen dem Soll-Kraftstoffdruck und dem erfassten Kraftstoffdruck am Drucksensor (30) gleich oder größer als ein vorgegebener Wert ist.
7. Diagnosevorrichtung zur Ermittlung eines unnormalen Zustands für ein Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem (50) einer Brennkraftmaschine, gekennzeichnet durch:
eine Hochdruckpumpe (54), die dazu dient, aus einem Kraftstofftank (51) gepumpten Kraftstoff unter Druck zu setzen und den Kraftstoff unter Druck einem Einspritzventil (28) zuzuführen;
einen Drucksensor (30) zum Erfassen des Kraftstoffdrucks auf der Förderseite der Hochdruckpumpe (54);
eine Kraftstoffdruck-Steuereinrichtung (16), die dazu dient, die Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) derart zu regeln, dass der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck zusammenfällt mit einem Soll-Kraftstoffdruck;
eine Integriereinrichtung zum getrennten Aufsummieren während einer vorgegebenen Zeitdauer sowohl der Fördermengen-Stellwerte der Hochdruckpumpe (54) als auch der Einspritzmengen-Stellwerte; und
eine Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16), die das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein eines unnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems ermittelt anhand eines mittels des Drucksensors (30) erfassten Kraftstoffdrucks und eines Vergleichswertes zwischen einem mittels der Integriereinrichtung berechneten Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) und einem mittels der Integriereinrichtung berechneten Integralwert der Einspritzmenge.
8. Diagnosevorrichtung nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch eine Verhinderungseinrichtung (301, 302, 312), die die Unnormal-Zustandsdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystems (50) mittels der Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) verhindert, während die Brennkraftmaschine angelassen wird und/oder während ein Betriebszustand andauert, bei dem der Einspritzmengen-Stellwert gleich oder größer als ein vorgegebener Wert ist.
9. Diagnosevorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, da-

durch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) einen geschätzten Kraftstoffdruck aus der Differenz zwischen dem Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) und dem Integralwert der Einspritzmenge berechnet und dann, wenn der geschätzte Kraftstoffdruck um einen vorgegebenen Wert oder mehr größer ist als der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck, ermittelt, dass das Hochdruck-Kraftstoffzufuhrsystem (50) ein Kraftstoffleck aufweist.

10. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) dann, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis zur fetten Seite von einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis abweicht, während ein geschätzter Kraftstoffdruck, der aus der Differenz zwischen dem Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) und dem Integralwert der Einspritzmenge berechnet wird, um einen vorgegebenen Wert oder mehr größer ist als der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck, ermittelt, dass ein Ausgangssignal des Drucksensors (30) einen unnormalen Abfall aufweist.

11. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) dann, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis zur mageren Seite von einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis abweicht, während ein geschätzter Kraftstoffdruck, der aus der Differenz zwischen dem Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) und dem Integralwert der Einspritzmenge berechnet wird, um einen vorgegebenen Wert oder mehr niedriger ist als der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck, ermittelt, dass ein Ausgangssignal des Drucksensors (30) einen unnormalen Anstieg aufweist.

12. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) dann, wenn das Ausmaß einer Drehmomentschwankung der Brennkraftmaschine gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert ist, während ein geschätzter Kraftstoffdruck, der aus der Differenz zwischen dem Integralwert der Fördermenge der Hochdruckpumpe (54) und dem Integralwert der Einspritzmenge berechnet wird, um einen vorgegebenen Wert oder mehr niedriger als der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck ist, ermittelt, dass das Einspritzventil (28) unnormal arbeitet.

13. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn während des Anlassens der Brennkraftmaschine und nachdem eine Stillstandszeit der Brennkraftmaschine verstrichen ist, die gleich oder größer als eine vorgegebene Zeit ist, der mittels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt, ermittelt wird, dass der Drucksensor (30) unnormal arbeitet.

14. Diagnosevorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) anhand einer Differenz zwischen der Kühlwassertemperatur beim letzten Abstellen der Brennkraftmaschine und der Kühlwassertemperatur beim aktuellen Anlassen bestimmt, ob die Stillstandszeit der Brennkraftmaschine gleich oder größer als die vorgegebene Zeit ist.

15. Diagnosevorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Unnormal-Zustandsdiagnoseeinrichtung (16) dann, wenn der mit-

tels des Drucksensors (30) erfasste Kraftstoffdruck beim aktuellen Anlassen der Brennkraftmaschine höher als der erfasste Kraftstoffdruck beim letzten Abstellen der Brennkraftmaschine ist, ermittelt, dass der Drucksensor (30) unnormale Arbeit leistet.

5

Hierzu 21 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

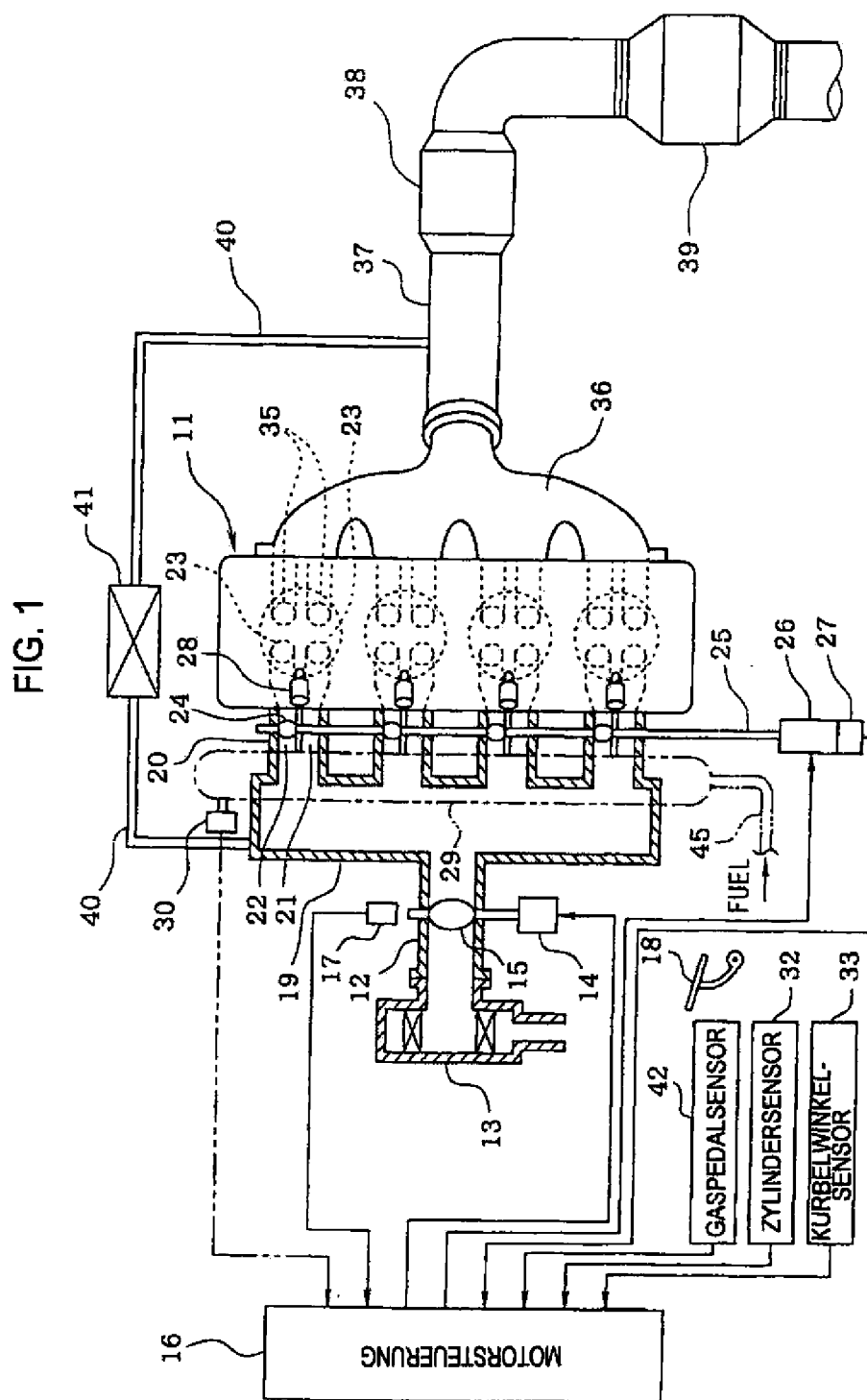


FIG. 2

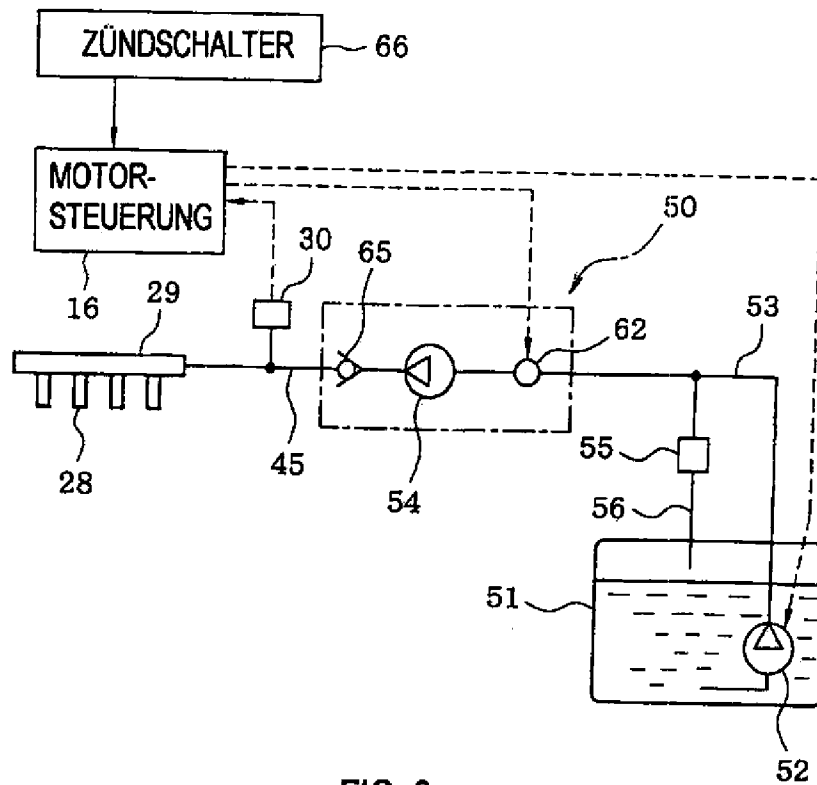


FIG. 3

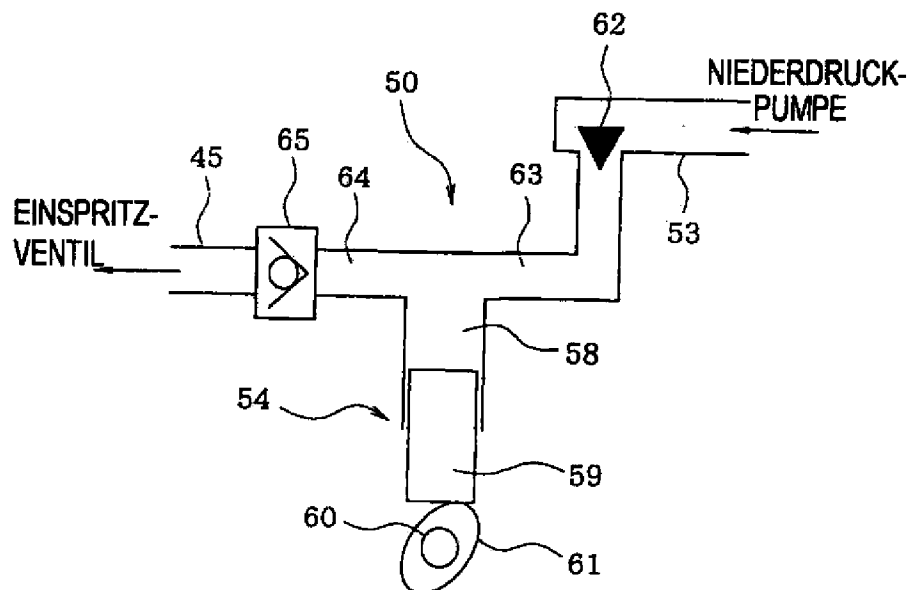


FIG. 4

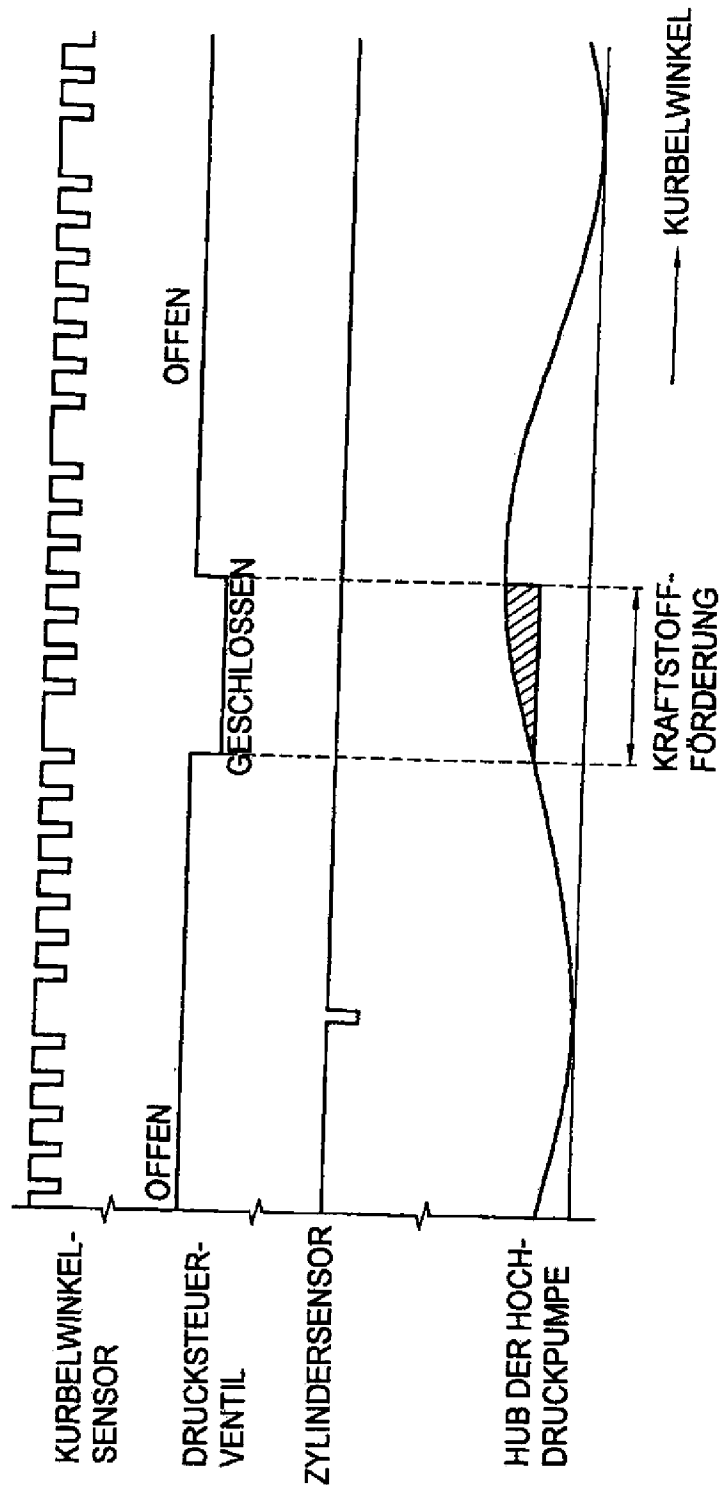


FIG. 5

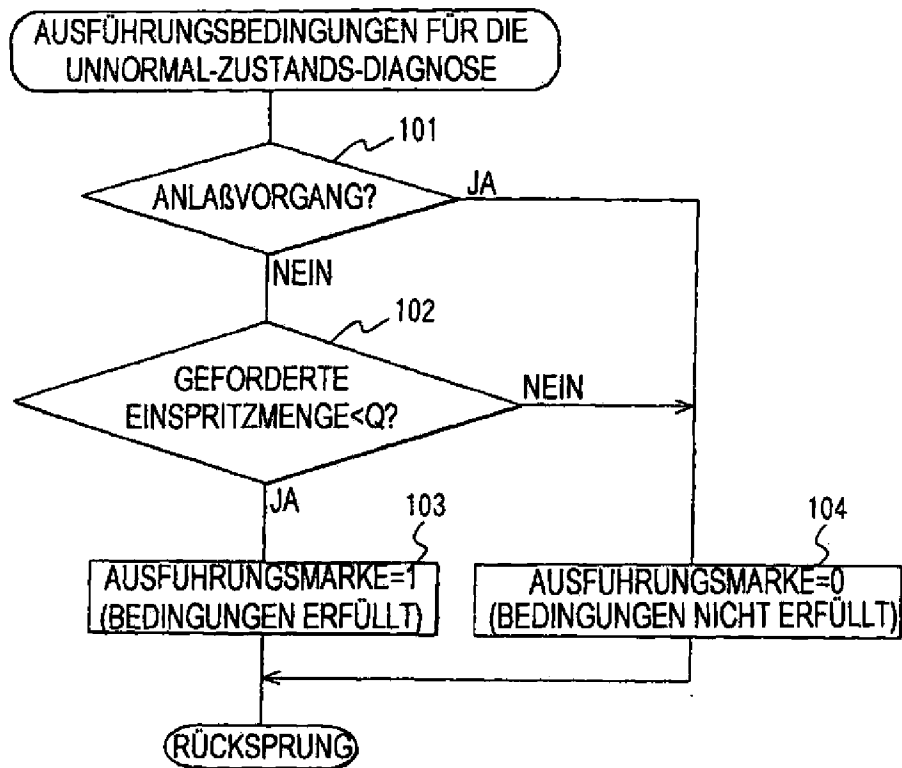


FIG. 6

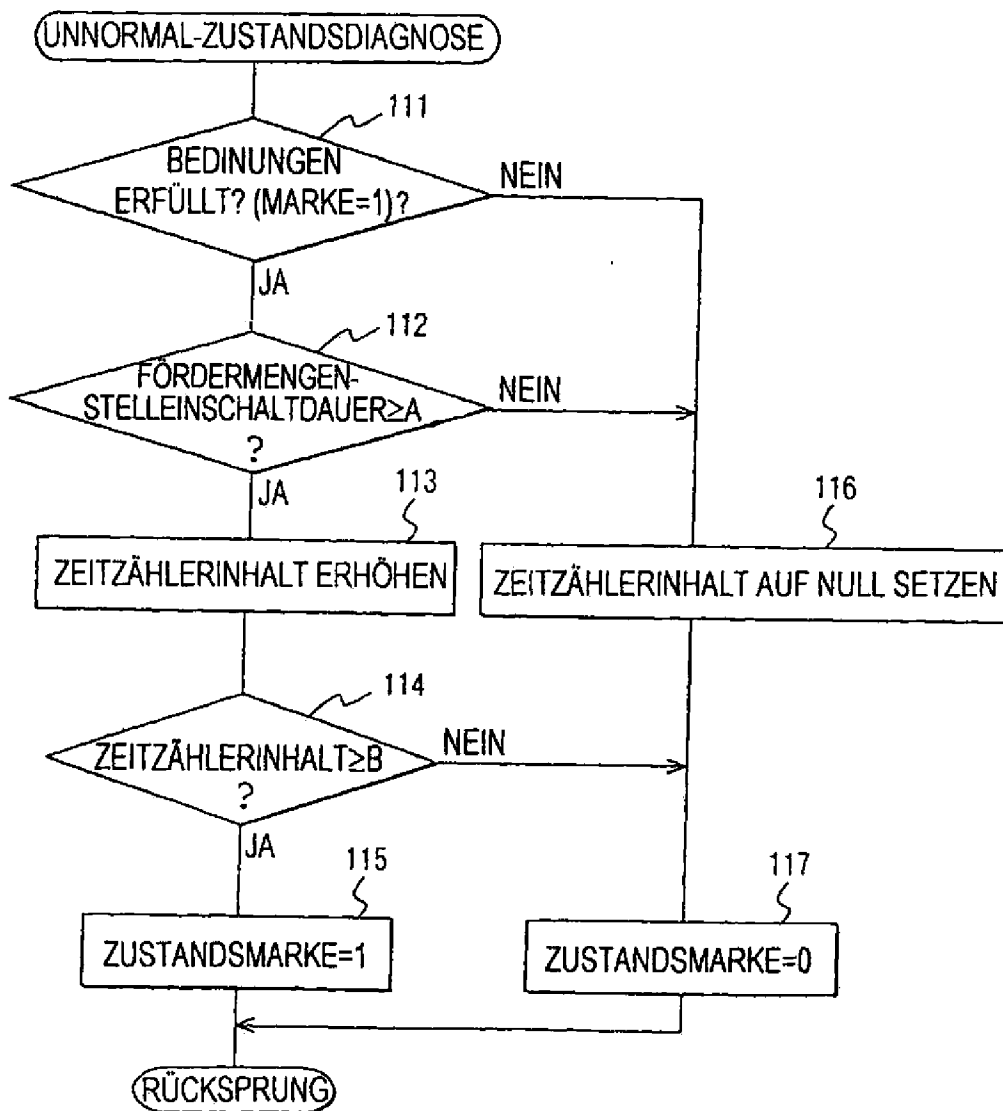


FIG. 7

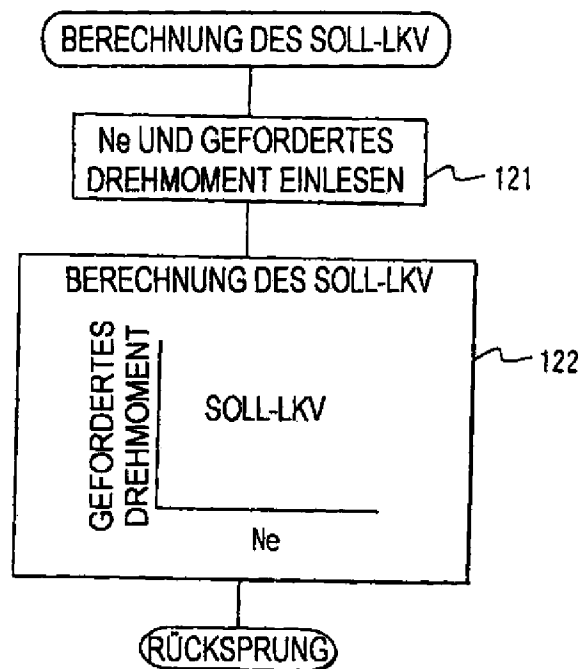


FIG. 10

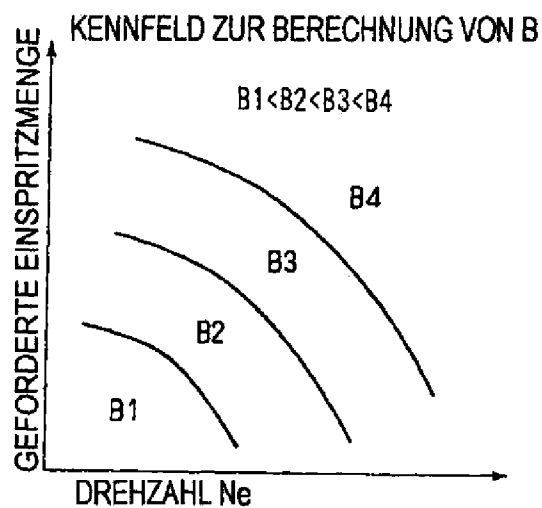


FIG. 8A

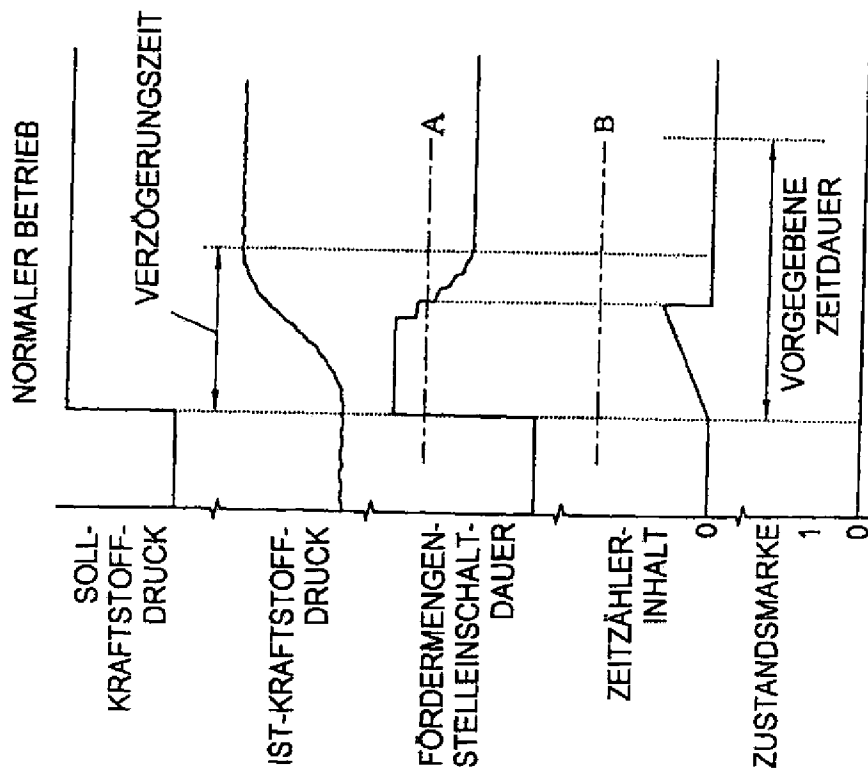


FIG. 8B

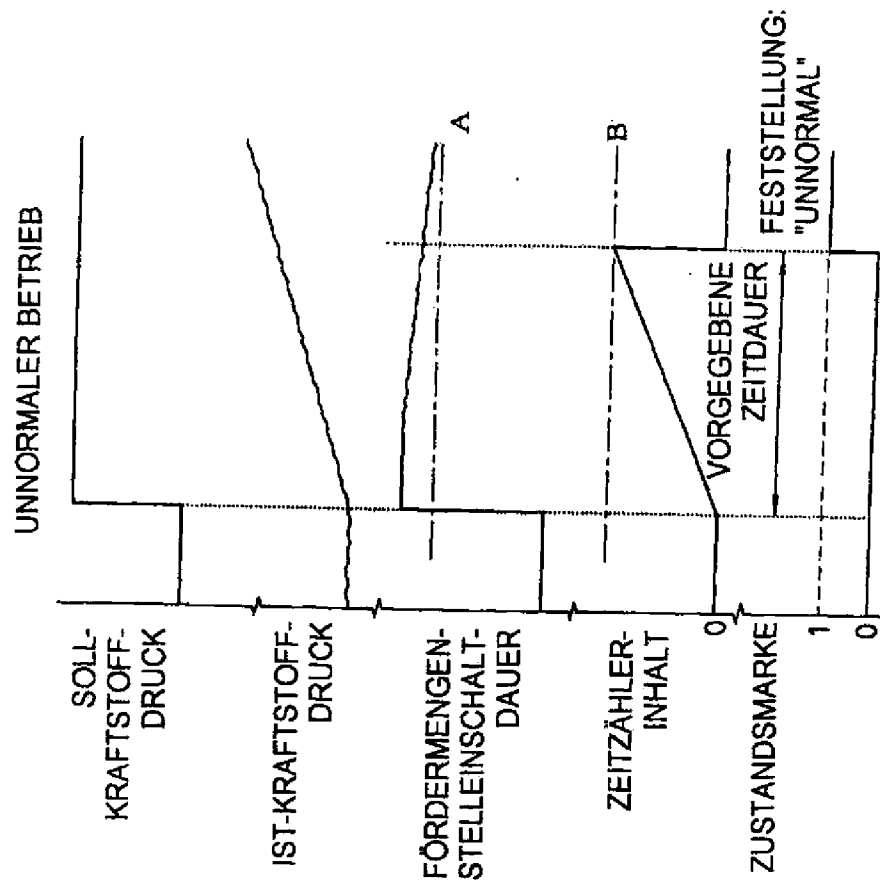


FIG. 9

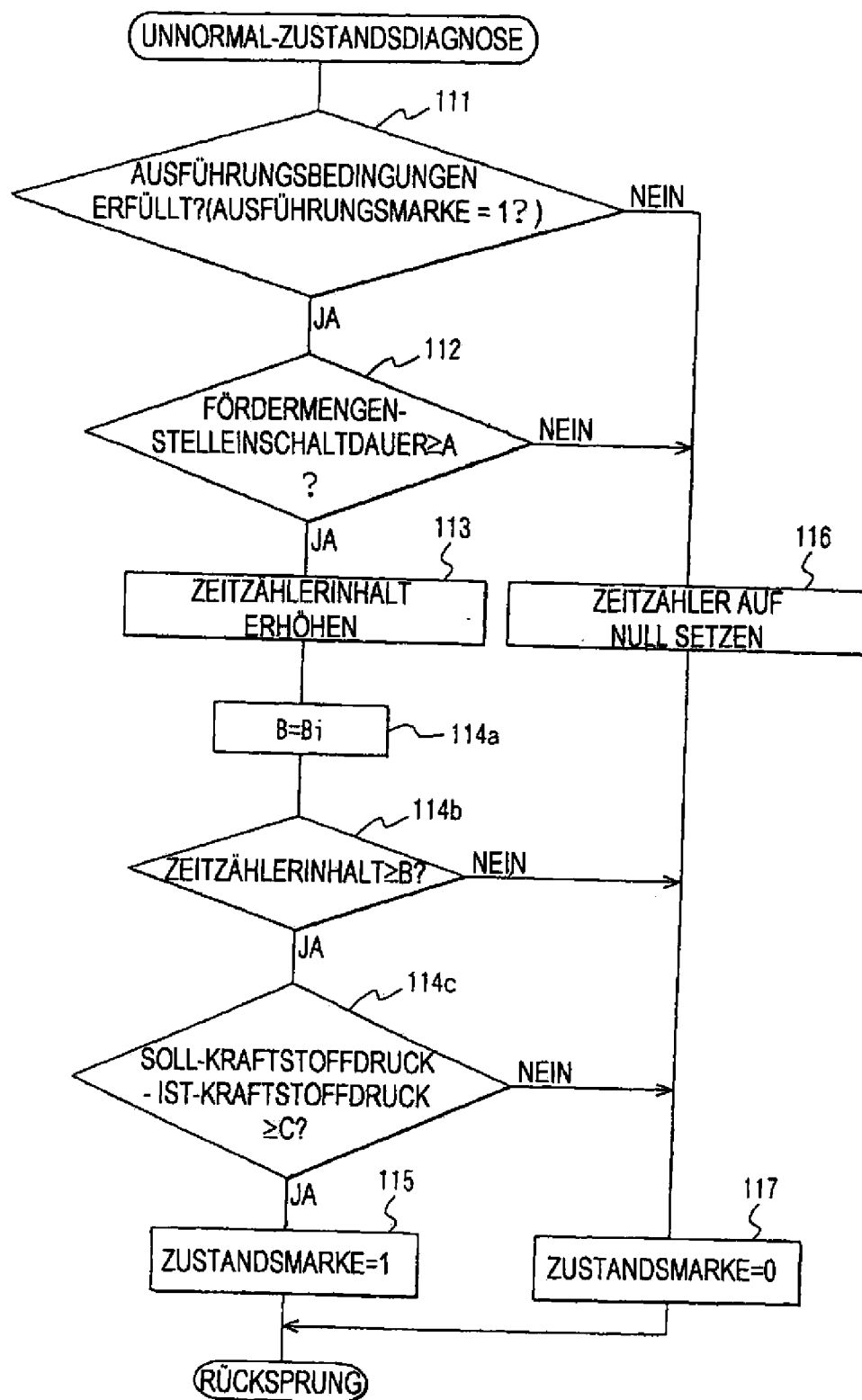


FIG. 11

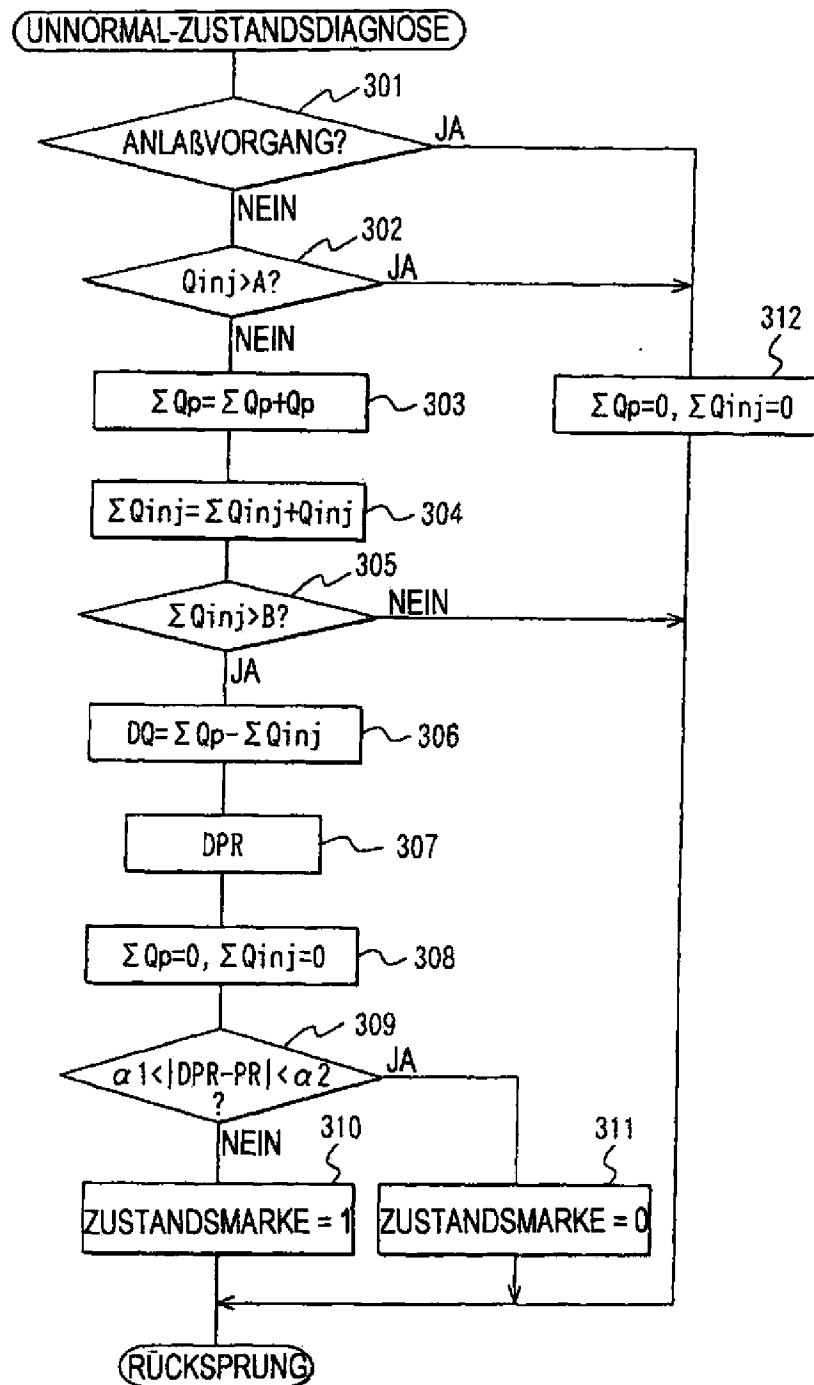


FIG. 12

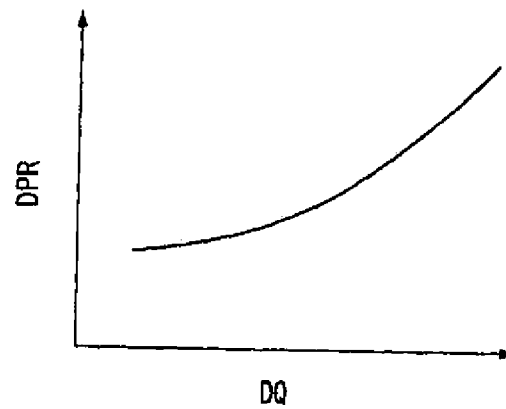
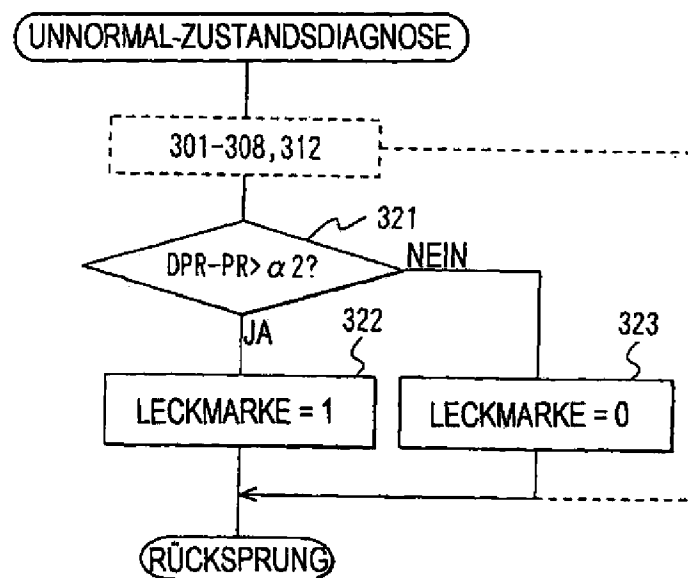


FIG. 13



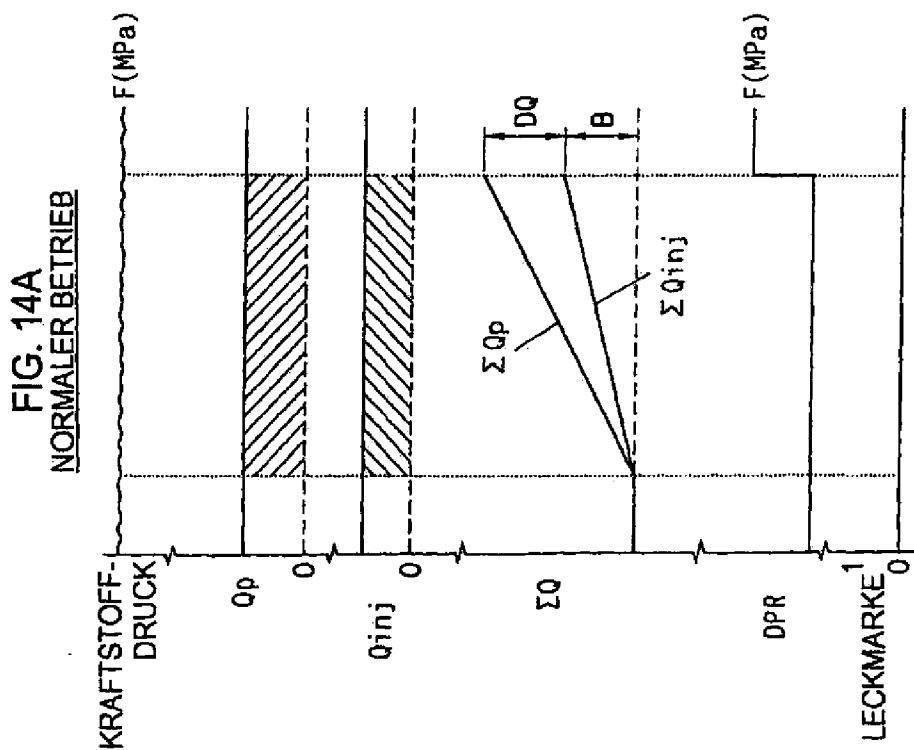
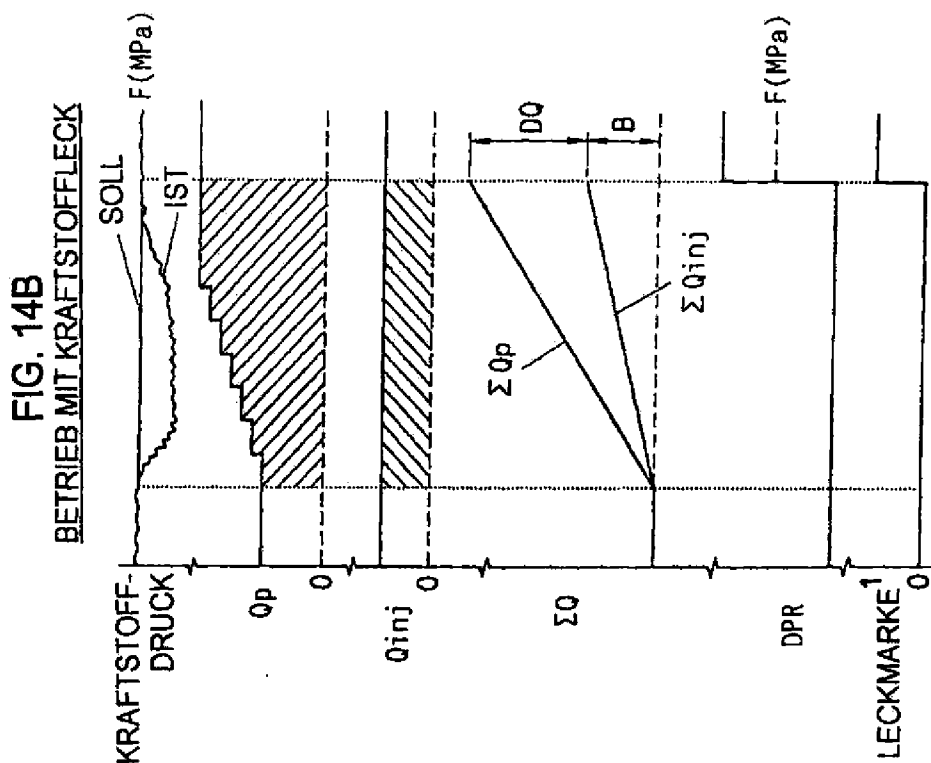


FIG. 15

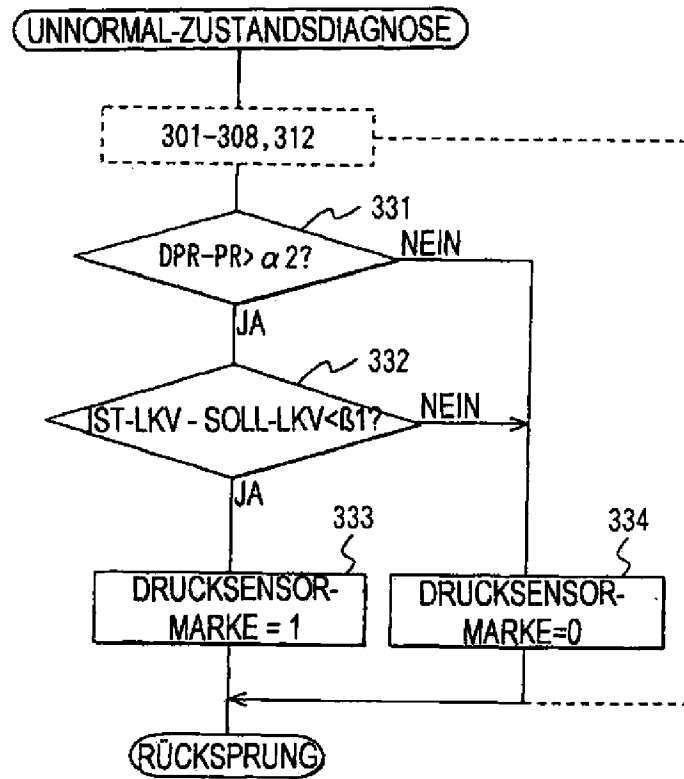


FIG. 16

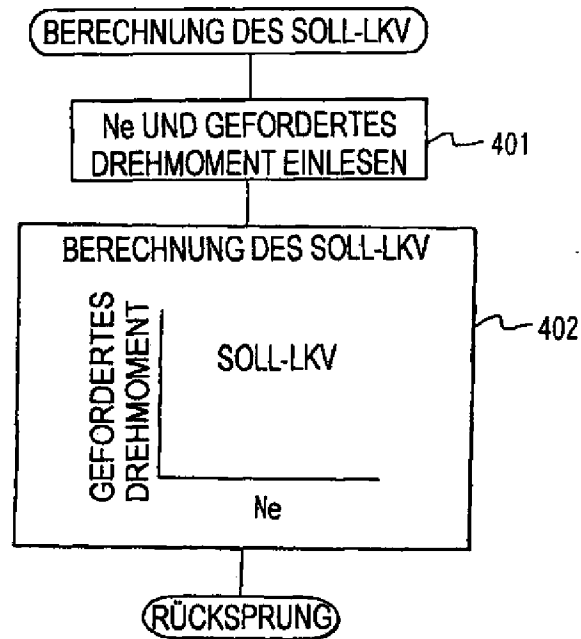


FIG. 17

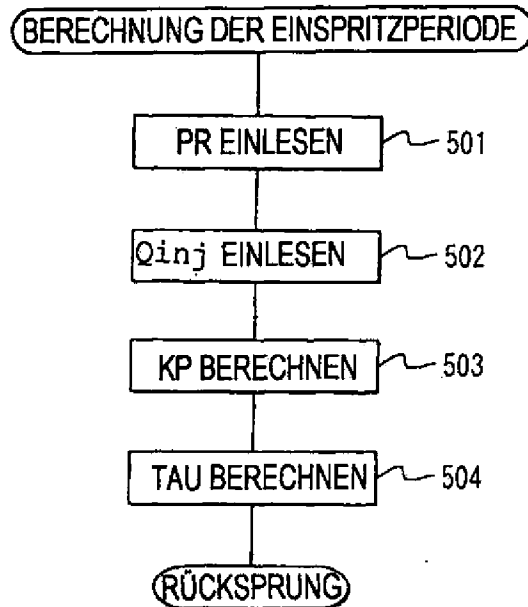


FIG. 18

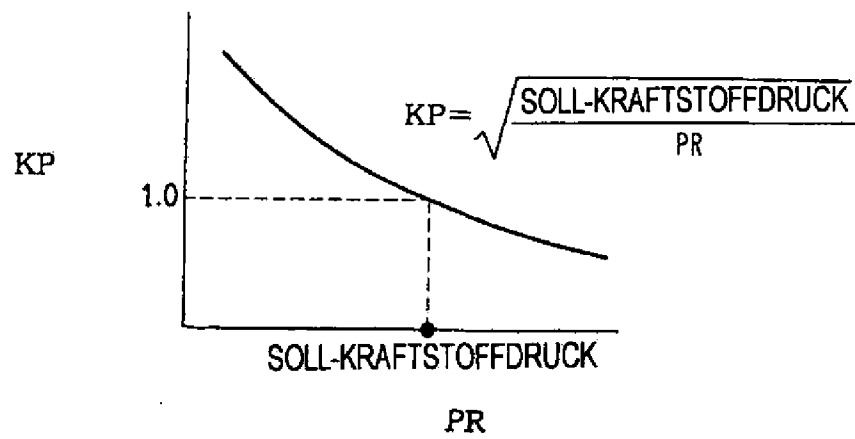


FIG. 19

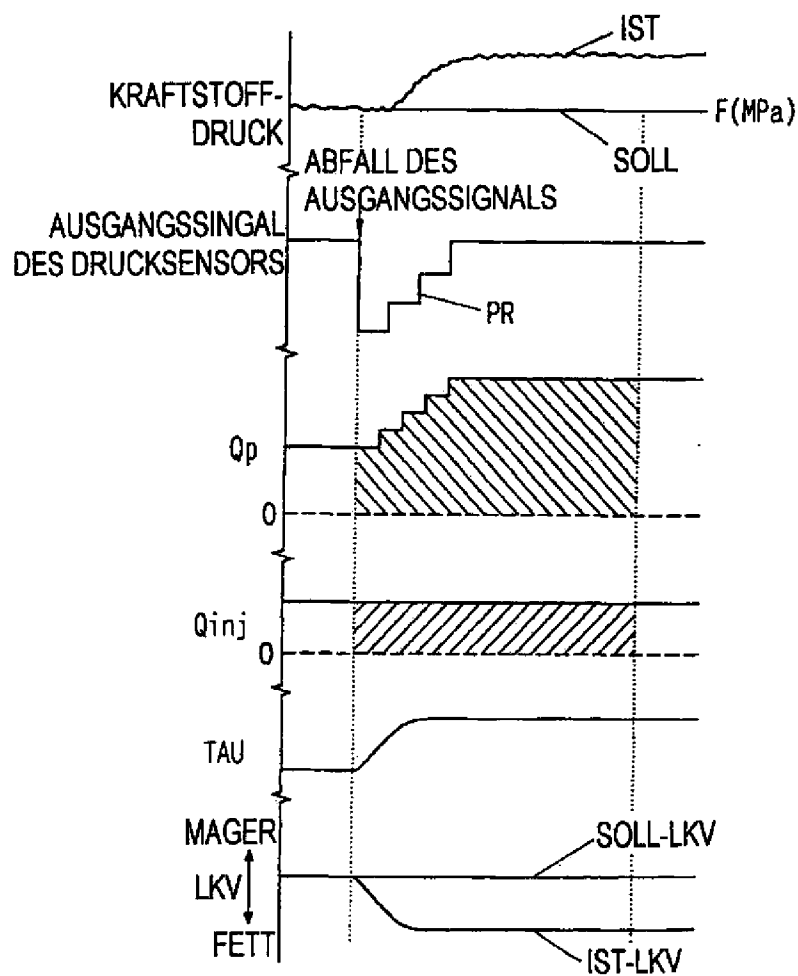


FIG. 20

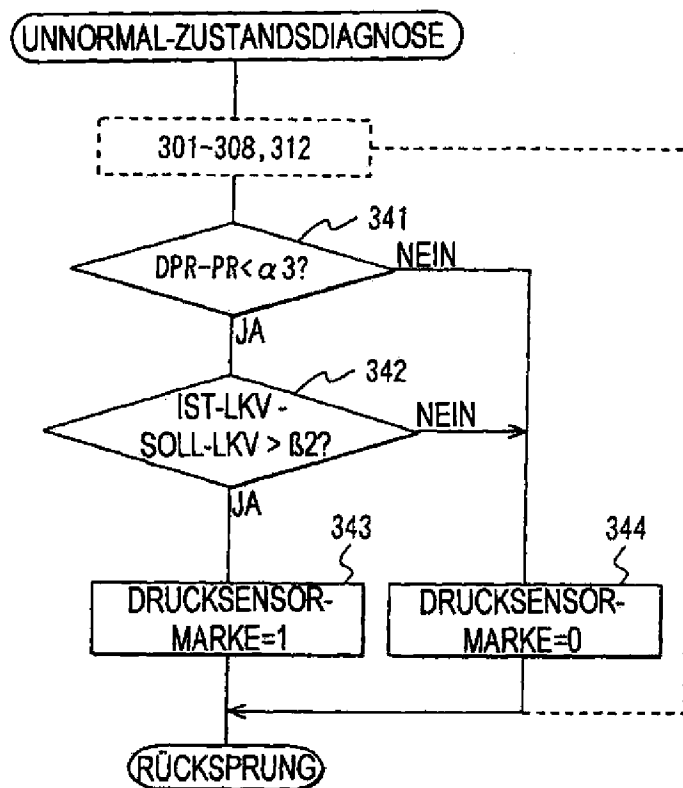


FIG. 21

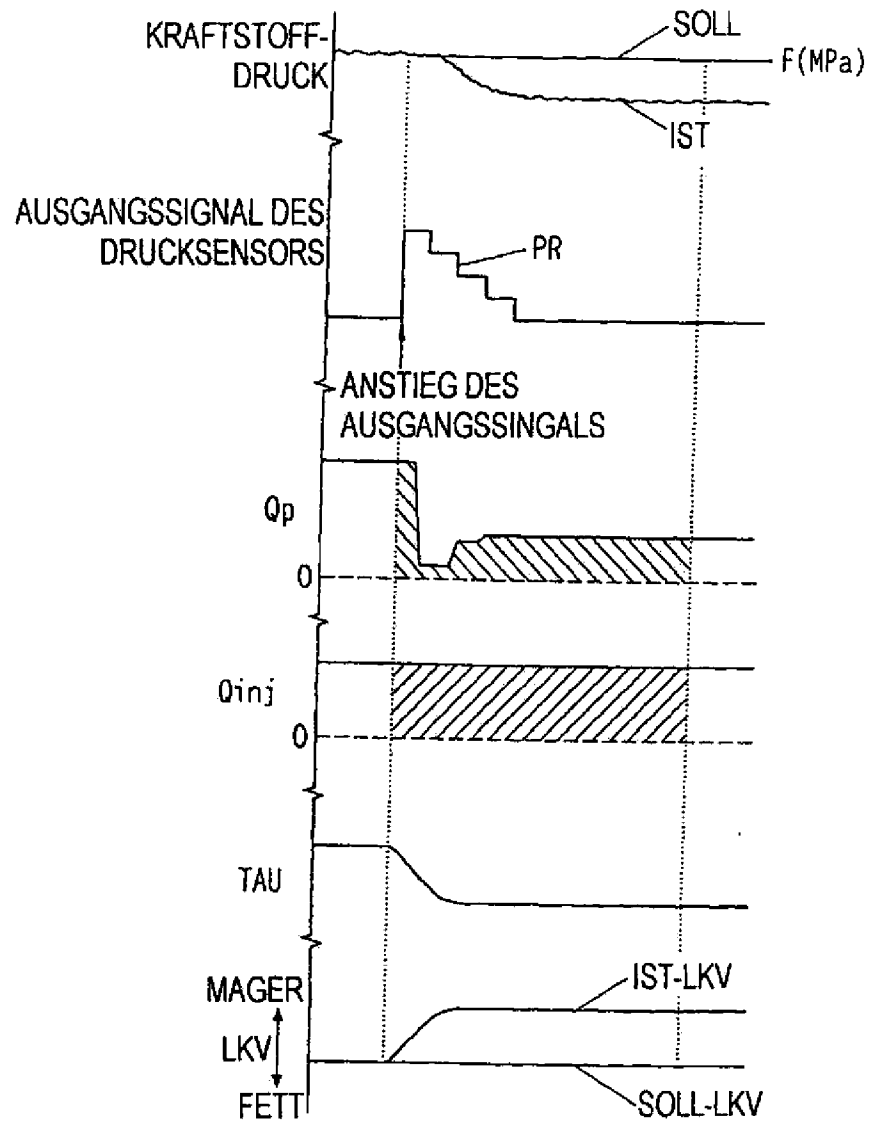


FIG. 22

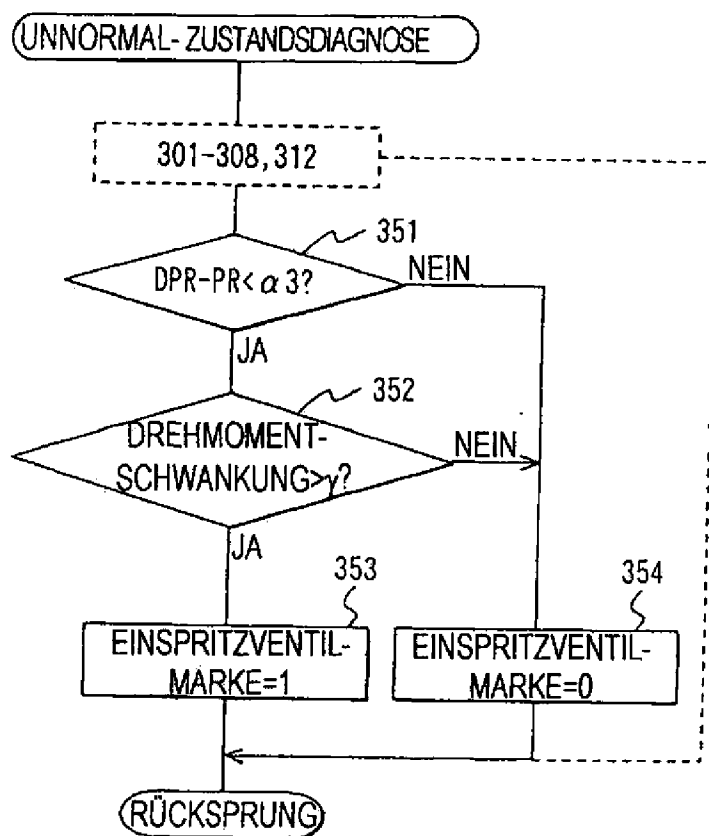


FIG. 23

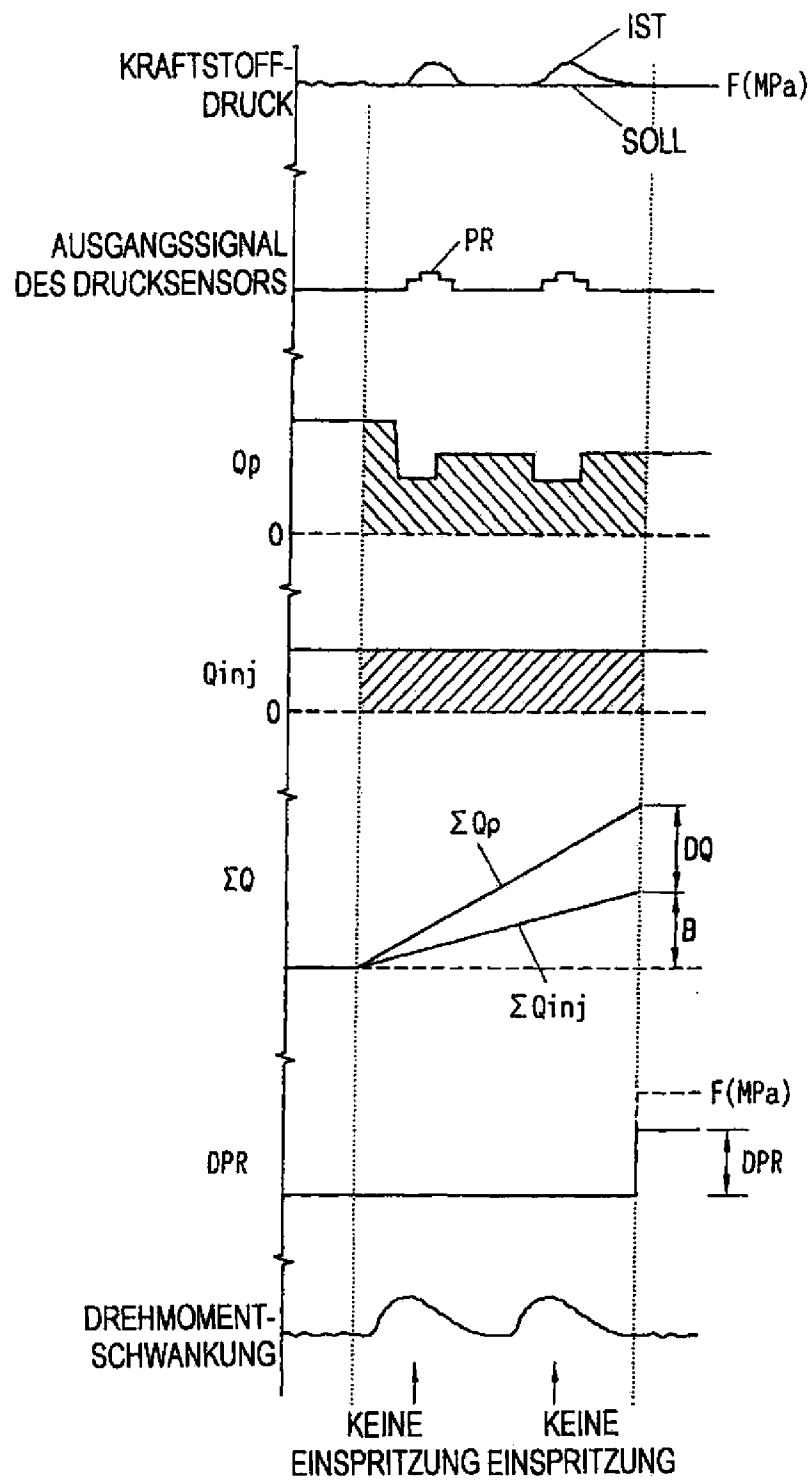


FIG. 24

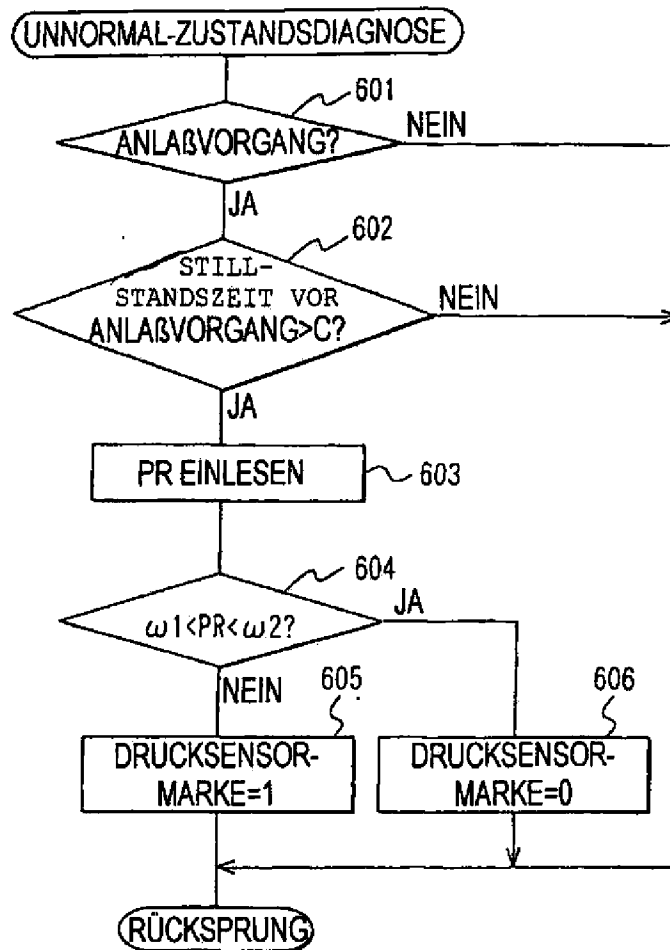


FIG. 25

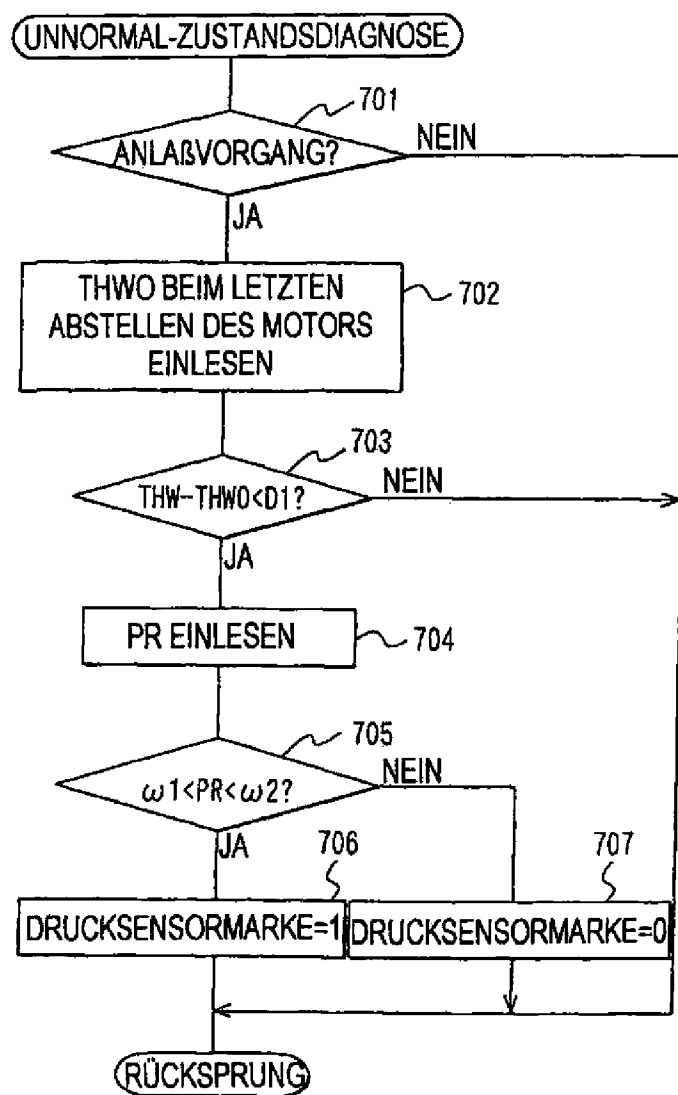


FIG. 26

